DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Vierzehnter Jahrgang | 5. Februar 1926 | Heft 6

Zur Morphologie und Stammesgeschichte des Affenschädels.

Von ADOLF NAEF, Zürich.

Seit DARWINS Lehre ihren leuchtenden Funken in die Trübe naturfremder Lebensbetrachtung warf, ist die *„Affenabstammung des Menschen"* zum Stichwort oberflächlicher Meinungsverschiedenheiten geworden. In der wissenschaftlichen Welt hat es zwar nicht die Rolle gespielt, welche diejenigen ihm zuschreiben, deren Vorstellungen von organischer Formenmannigfaltigkeit aus dem Bilderbuch der Kindheit oder einer gelegentlich besuchten Schaubude stammen. Ja, man kann sogar einige Überraschung nicht verbergen, angesichts der Tatsache, daß es noch heute schwer ist, das von der Forschung zusammengetragene Material zur Diskussion dieser Frage einigermaßen vollständig herbeizutreiben, da es in geordnetem Zustand nirgends vereinigt ist. (Anläßlich neuer Funde und ihrer theoretischen Beurteilung durch mehr oder minder Berufene, ist es mir geradezu aufgefallen, wie wenig die maßgebenden Tatsachen selbst Fachleuten bekannt sind.)

Kein Zweifel, daß immer wieder die berühmten „missing links" in den Zeitungsberichten auftauchen werden. Da ist es denn vielleicht nicht ohne Nutzen, wenn wir versuchen, einem größeren Kreise anschaulich zu machen, was da überhaupt vermißt wird. Es ist nämlich viel mehr und auch wieder viel weniger, als manche glauben, die es besser wissen müßten. Natürlich ist im letzten Sinne jedes Lebendige ein Glied im großen Zusammenhang des Werdens; die Frage, die hier speziell auf den Lippen liegt, ist die, ob zwischen den Menschen und den ihm heute am nächsten stehenden Tieren Wesen bekannt geworden sind, welche die bestehende (vom Standpunkt des Menschen gesehen) ungeheure Distanz überbrücken. Zeugen werden gesucht, welche einen Übergang durch wirkliche Umbildung im Laufe bestimmter Zeiträume denkbar erscheinen lassen und vorstellbar machen. (Von der Frage nach den Ursachen wollen wir hier völlig schweigen!)

Da ist nun klar: Alles Wissenswerte werden wir niemals erfahren; ein geschriebener Bericht kann nicht erwartet werden. Es handelt sich also darum, eine solche Einsicht in die Ordnung der Natur zu gewinnen, daß die fragmentarischen Funde, die glückliche Zufälle uns noch bescheren mögen, mit überzeugender Sicherheit gedeutet werden können, wobei dann der beträchtliche Spielraum des Nichtwissens und freiwilligen Glaubens sich von selber abgrenzt.

Zunächst ist hier aufzuräumen mit einem störenden Unsinn, von dem noch weniger der abseits stehende Laie als der forschende Zoologe lange Zeit hindurch besessen war, nämlich mit dem seltsamen Streben, die *heutige* Tierwelt, mit dem Menschen an der Spitze, in mannigfacher Ordnung aufzureihen und die gewählten Verknüpfungen ohne alle logische Berechtigung für Ahnenfolgen und Stammbäume zu halten. Damit ging späterhin die Neigung der Paläontologen parallel, es mit den versteinerten Resten ebenso zu machen, obwohl diese ebensowenig Ausweise ihrer Herkunft mitführen. Immerhin hatte diese Disziplin den Vorteil, das relative Alter ihrer mehr oder weniger problematischen Stammväter zu kennen und also die Folge der Stufen wenigstens nicht ganz auf den Kopf zu stellen. Gelegentlich war auch das gefundene Material so vollständig, daß es sich sozusagen selbst zu natürlichen Reihen ordnete. Bei Primaten ist davon keine Rede.

Wirkliche Kenntnis des Werdens kann sich aber aus den Dingen selber und aus den realen Beziehungen zwischen denselben erst gewinnen lassen, wenn sie uns zunächst *Gesetzmäßigkeiten* verraten haben, welche den Zusammenhang verschiedener Lebensformen untereinander beherrschen. Solche bestehen nach alter Erfahrung zwischen direkt und nachweislich blutsverwandten Wesen und werden unter den Begriff der *Vererbung* gefaßt. Was und wie aber über Jahrmillionen hinweg vererbt wird, das zu erkennen, ist eine höchst besondere und schwierige Frage, von der wir später noch im allgemeinen handeln wollen. Solche Vererbung äußert sich jedenfalls im *natürlichen System*. Innerhalb desselben bildet der Mensch von heute eine einzige Art, weil alle seine Varietäten oder Rassen untereinander unbegrenzt fruchtbar sind. Sie erweitert sich zur Gattung durch Einbeziehung des viel stärker abgesonderten, ausgestorbenen Neandertalmenschen und zur Familie durch Anschluß von *Protanthropus Heidelbergensis* und *Pithecanthropus erectus* aus einer früheren Eiszeitperiode. Das sind die heute sicher bekannten *Hominidae*. Wenn wir sie mit den Gattungen *Gorilla*, Schimpanse und Orang-Utan vergleichen, welche nebst ausgestorbenen Vettern unter sich die Familie der *Pongidae* bilden, sowie mit *Australopithecus* (vgl. Naturw. **33**, 705—707. 1925), ergibt sich eine typische Übereinstimmung weiteren Grades, der wir durch Bildung des umfassenden Kreises der *Anthropomorphae* Ausdruck verleihen. Lassen wir aus der Definition desselben wieder einige Bestimmungen weg, so können wir zu den Vorigen auch die *Hylobatidae* (Langarmaffen) hinzunehmen und bekommen so die Gruppe der *Anthropoidea* überhaupt. Ihnen stehen weiter alle Altweltaffen nahe, nämlich die zahlreichen Familien der (meerkatzenartigen) *Cercopithecidae* (Hundsaffen); durch deren Aufnahme rundet sich der Kreis der *Catarhina* (Schmalnasen), welcher, mit

den Neuweltaffen oder *Platyrhina* vereinigt, schließlich die Unterordnung der *Simiae* oder Affen ergibt. Sie bildet wieder mit den *Prosimiae* oder Halbaffen zusammen die Ordnung der Herrentiere oder *Primates*.

Dies fixiert rein begriffslogisch die Stellung des Menschen zu den „Affen" im natürlichen System: *Homo sapiens* ist eine Art der Gattung *Homo*, diese *gehört* zu den *Hominidae, Anthropomorphae, Anthropoidea Catarhina, Simiae* in schrittweise erweiterten Kreisen, bzw. unter stufenweiser Verringerung der Definition um bestimmte Merkmale. Nicht „Mensch und Affe" stehen sich da gegenüber, sondern *Homo sapiens* und *H. Neandertalensis, Homo* und *Pithecanthropus, Hominidae und Pongidae, Anthropomorphae und Hylobatidae, Anthropoidea* und *Cercopithecidae*. Nach der allgemeinen Abstammungslehre entsprechen diesen Gegenüberstellungen ebensoviele Spaltungen des Artenstammbaumes. Von der Herkunft der *Hominidae* kann also nur im Sinne der Trennung von den *Pongidae* und *Australopithecidae* die Rede sein, d. h. einer Sonderung aus dem älteren und weiteren Kreise der *Anthropomorphae*. Weiter rückwärts haben wir keinen Grund, von *besonderen* Ahnen des Menschen zu sprechen.

Eine andere Frage ist die, ob wir zu bestimmten Vorstellungen gelangen können von den *Urformen* der Anthropoidea, Catarhina, Simiae usw., die *zugleich* solche der Menschen sein müssen. Unter dem Gesichtspunkt dieser Frage wollen wir zunächst eine Anzahl höchst interessanter Affen*schädel* betrachten, die uns schließlich eine Vorstellung vermitteln sollen, durch welche Stufen hindurch der des Menschen sich entwickelt haben muß und welches die bedeutsamsten Lücken sind, die unsere Kenntnis davon zur Zeit noch hat. Obwohl wir dabei ein Material vorlegen können, das auch dem Zoologen und Anthropologen nicht allzu vertraut und daher sicher willkommen ist, wollen wir uns doch im Interesse der Verständlichkeit auf das bildhaft Faßlichste, nämlich die Seitenansicht des Schädels beschränken, von allen ermüdenden Zahlen und Winkeln absehen und damit auch dem Laien einen direkten Einblick gestatten.

Systematisch verwandte Tiere, genauer: deren selbständig sich entwickelnde Teile, sind einander um so ähnlicher, je *jünger* die verglichenen Exemplare sind. Dies ist ein allgemeines *Gesetz*, das sich aus den Bedingungen stammesgeschichtlicher Abänderung ergibt und dessen korrekte empirische Fassung folgendermaßen lautet: *Soweit*[1] *die Gestaltungsverhältnisse eines ontogenetischen Stadiums die des nachfolgenden körperlich hervorbringen*[2] (und also bestimmen), *besitzen sie, systematisch betrachtet, einen größeren Allgemeinheitsgrad als diese.* Stammesgeschichtlich gedeutet sind die vorausgehenden Stadien im Gefüge der typischen Entwicklung also *konservativer* und heute demnach ursprünglicher (altertümlicher) als die von ihnen hervorgebrachten Bildungen. Wir können ohne weitere Einschränkung von einem *Gesetz der konservativen Vorstadien* sprechen, auf das sich weiterhin die Prinzipien vergleichender Formwissenschaft zu begründen haben.

Es gibt früheste Stadien der menschlichen Keimesgeschichte, die allen andern Wirbeltierembryonen, von der Haifischstufe aufwärts, in geradezu verblüffender Weise gleichen. In viel speziellerer Weise gilt dies im Bereich der Schädelbildung: Zwischen allen Säugetierschädeln, um so mehr zwischen denen aller Simiae bestehen auf älteren embryonalen Zuständen Übereinstimmungen, die später verlorengehen, in dem Maße nämlich, als die einzelnen Formen ihren besonderen Zielen zusteuern. Aber noch auf sehr späten Entwicklungsstadien ist die Ähnlichkeit außerordentlich vollständig zwischen allen Vertretern des als *Anthropomorphae* zusammengefaßten Kreises, wie z. T. die weitere Darstellung lehren wird.

Alle Affen haben dicht vor der Geburt etwa den Zustand der Fig. 1 (Mitte) erreicht, auf der sie dem Menschen bereits durch eine sehr deutlich gewölbte Stirn, eine überhaupt höchst geräumige Schädelkapsel und stark verkürzte Schnauzenpartie gleichen. Ihre Augenhöhle ist durch Verbindung von Jochbein (*Ju*) und Stirnbein (*Fr*) von der Schläfengrube getrennt und die ganze Anordnung der Schädelteile zeigt den auch beim Menschen befolgten „Plan". Im Verlauf der späteren Entwicklung wird diese Übereinstimmung in verschiedenem Grade abgeschwächt, am frühesten und gründlichsten bei den Hundsaffen. Am menschenähnlichsten bleiben unter diesen, soweit ich beobachten konnte, einige *Macacus*-artige Formen (Fig. 2), die also dem Ausgangspunkt zuletzt noch am nächsten stehen. Bei alten aber verlängert sich sekundär die Schnauze, Hand in Hand mit der Entwicklung eines mehr oder minder mächtigen Gebisses, das vielfach raubtierartige Mächtigkeit erreicht (Fig. 4). Dabei verflacht sich der Schädel; die kleine Stirn geht z. T. ganz verloren. Der große Keilbeinflügel (*Al*, Fig. 1) kann Schritt halten oder früh in der Entwicklung zurückbleiben, wobei dann die Scheitel- und Stirnbeine breit darüber zusammenstoßen.

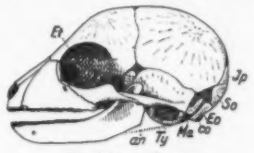
Bei den ursprünglichsten Anthropoiden, den Langarmaffen oder Gibbons ist der Unterschied vom urtypischen Affenschädel anfangs nicht groß. Immerhin ist die Hirnkapsel noch etwas stärker gewölbt und sinkt auch später nicht auf das Niveau der meisten Hundsaffen herunter. In der speziellen Ausbildung des Gebisses ist die Menschenähnlichkeit deutlich vermehrt, wobei es sich mehr um das Beibehalten uralter Zustände als um besondere Erwerbungen handelt; verschiedene hundsäffische Spezialisierungen bleiben fast oder ganz aus. Die Schläfengegend zeigt dasselbe Schwanken des bald mächtig entwickelten (Fig. 2), bald früh

[1]) D. h. in denjenigen Teilen und Eigenschaften, in denen . . .

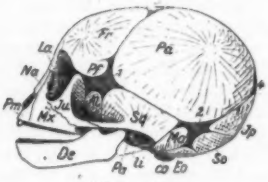
[2]) D. h. in sie „übergehen".

zurückbleibenden Keilbeinflügels (Fig. 5, oben und unten!).

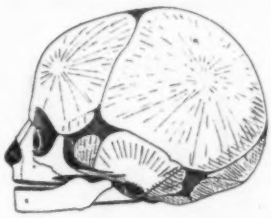
Bekanntlich bedeutet die Gesamterscheinung dieser Wesen eine höchst bemerkenswerte Verstärkung der menschlichen Züge. Der aufrechte Gang (auf den Füßen allein, ohne Benutzung der Hände), ist eine ihrer normalen Bewegungsarten geworden. Der Schwanz verkümmert, ebenso wie bei den eigentlichen Anthropomorphen, schon beim jungen Embryo; Backentaschen fehlen, die



Raubtierembryo.



Affenembryo.



Menschenembryo.

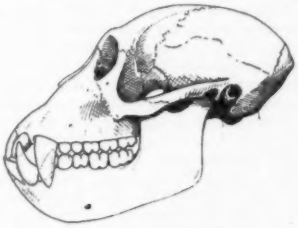
Fig. 1. 3 *Schädel reifer Embryonen* zur Erläuterung der Vorstufen des Menschen. *Oben:* Urtypischer Zustand bei Placentaltieren (Raubtier), wie wir ihn kurz vor der Geburt bei Katze oder Hund finden ($^1/_2$ natürl. Größe). Man kann die einzelnen Knochen leicht nach dem mittleren Bild bestimmen, bei dem allerdings einige nicht mehr so ursprüngliche Verhältnisse zeigen. (*Et* Siebbein), (*an* Eckfortsatz des Unterkiefers), (*Ty* Paukenbein, das Trommelfell einrahmend, hinter dem der Hammerstiel sichtbar wird). (*Ma* Warzenbein, in der entsprechenden Fontanelle liegend), (*co* Gelenkhöcker des Hinterhaupts), (*Eo, So, Jp* die 3 Teile des Hinterhauptbeins). *Mitte:* Entsprechender Zustand des Schädels bei Affen mit Ausnahme der Anthropomorphen ($^1/_2$ natürl. Größe). (1—4 die Fontanellen, d. h. die unverknöcherten Stellen der Schädelkapsel; sie heißen Keilbein-, Warzenbein-, Stirn- und Hinterhauptsfontanelle), (*Pa* Scheitelbein, *Fr* Stirnbein, *Pf* Postfrontale, *La* Tränenbein, *Na* Nasenbein, *Pm* Zwischenkiefer, *Mx* Oberkiefer, *Ju* Jochbein, *Al* großer Keilbeinflügel, *Sq* Schläfenbein, *Pe* Felsenbein, *De* Zahnbein oder Unterkiefer der Säugetiere, *li* Ligament zum Zungenbein. *Unten:* Entsprechender Zustand des Menschenschädels ($^1/_2$ natürl. Größe). In fast gleicher Weise wohl bei allen Anthropomorphen verwirklicht, die bis zur Geburt *äußerst menschlich* gebildete Schädel zeigen müssen, mit mächtig geweiteter Hirnkapsel und damit im Gegensatz stehen zu Hunds- und Langarmaffen.

Macacusschädel und Pithecanthropus-Calotte.

Fig. 2. *Schädel eines Macacus-artigen Hundsaffen* auf der Entwicklungsstufe eines etwa 8jähr. Menschenkindes ($^1/_2$ natürl. Größe). Über dem Scheitel verläuft die Profilkurve des *Pithecanthropus*schädels, auf $^1/_6$ natürl. Größe reduziert: Man beachte die außerordentliche Übereinstimmung! Der kleine Schädel liegt in der Sammlung des morphologisch-biologischen Institutes der Universität Zagreb und ist ohne Apparat, aber sonst mit möglichster Genauigkeit gezeichnet. Ergänzt habe ich die oberen Milch-Schneidezähne, die (das Tier war im Zahnwechsel begriffen) bereits ausgefallen sind. Die Erscheinung des Schädels im ganzen und den meisten Einzelheiten ist für die *Catarrhina* urtypisch und bei den Vorfahren des Menschen in fast unveränderter Form vorauszusetzen.

Schweinsaffe.

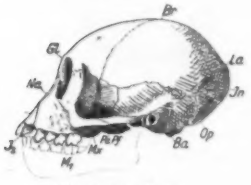
Fig. 3. Skizze eines *Macacus Nemestrinus* (Schweinsaffen), nach MARSHALL („Die Tiere der Erde") gezeichnet, zur Veranschaulichung der Beziehung zwischen Schädel und Fleischteilen des Kopfes (vgl. auch Fig. 11).



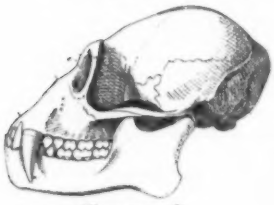
Hundsaffenschädel.

Fig. 4. Schädel eines erwachsenen Meerkatzenmannes, (*Cercocebus lunulatus* oder Weißscheitelmangabe). Nach einem Stück des anthropologischen Institutes in Zürich. Man beachte die (sekundär) übermächtige Entwicklung des spezialisierten Gebisses und das Zurückbleiben des Hirnschädels ($^1/_3$ natürl. Größe).

Hylobates-Kind.



Siamang, jung.

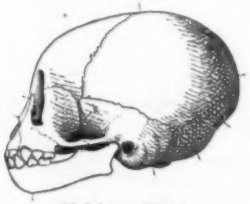


Siamang, alt.

Fig. 5. *Zur Entwicklung des Hylobatidenschädels* ($^1/_3$ natürl. Größe). *Oben:* Junges Kind von *Hylobates entelloides* aus Sumatra. Nach einem Exemplar des Zool. Museums in Zürich (andere Arten der gleichen Gattung sind höchst ähnlich)! Das Milchgebiß ist vollständig $\left(\frac{2\,1\,2}{2\,1\,2}\right)$. Die typische Zusammensetzung des Schädels gleicht dem menschlichen Kind. Doch ist derselbe schon viel flacher als bei gleichalten Anthropomorphen, Augenhöhle und Auge größer, daher auch das Jochbein. Der Keilbeinflügel ist stark zurückgeblieben, im Gegensatz zur folgenden Gattung: *Mitte:* Halbwüchsiger Siamang (*Symphalangus syndactylus*). Der Schädel ist relativ noch flacher geworden, das Gebiß durch die ersten Mahlzähne (M_1) vervollständigt. Die 2. sind im Erscheinen begriffen. Von den oberen Milchzähnen sind die mittleren bereits gewechselt, die seitlichen treten eben zum Vorschein (ich habe aber zur Erläuterung außer der sichtbaren Spitze auch die spätere Form (J_2) der vorgewachsenen Krone gezeichnet!) Man beachte das Vordrängen der Schnauze bei Bildung der neuen Schneidezähne! Die Bezeichnungen beziehen sich auf die den Fachleuten bekannten Meßpunkte. *Unten:* Der Schädel eines ausgewachsenen Mannes derselben Art. Die glatte Außenfläche ist durch Kanten und Wülste zum Ansatz einer verstärkten Kiefer- und Nackenmuskulatur verunstaltet. Die Schnauze ist zur Aufnahme eines mächtigen Gebisses verlängert, in dem die (rückwärts scharfkantigen) Eckzähne vor allem als Waffen dienen. Die Backenzähne nähern sich der menschlichen Form, sind aber relativ bedeutend stärker. Man beachte vor allem auch die Verschiebung des Gelenkhöckers am Hinterhaupt, der nun weit hinten liegt, während er beim Kind nach Menschenart auf der Unterseite der Hirnkapsel lag und also viel besser geeignet war, dieselbe aufrecht zu tragen.

Gesäßschwielen sind klein. Auch eine relativ bedeutende Körpergröße (bis 1 m), sowie die Erzeugung verschiedener Laute mit Hilfe von Lippen und Zunge und die Unterscheidung bestimmter Tonintervalle nähern sie dem Menschen. Geschwänzte Affen scheinen sie zu verabscheuen.

Berühmt ist ihre Akrobatenkunst, durch die sie als die vollendeten Kletterer des Urwaldes erscheinen. Ich zitiere darüber BREHM (1919, Bd. 4, S. 616): „Mit unglaublicher Raschheit und Sicherheit erklettert der Wauwau, laut DUVAUCEL, einen Bambusrohrstengel, einen Baumwipfel oder einen Zweig, schwingt sich auf ihm einige Male auf und nieder oder hin und her und schnellt sich nun, durch den zurückprallenden Ast unterstützt, mit solcher Leichtigkeit über Zwischenräume von 12—13 m hinüber, drei-, viermal nacheinander, daß es aussieht, als flöge er wie ein Pfeil oder ein schief abwärts stoßender Vogel. Er springt ohne Not über Zwischenräume, was er durch kleine Umwege leicht vermeiden könnte, ändert im Sprung die Richtung und hängt sich an den ersten besten Zweig, schaukelt und wiegt sich an ihm, ersteigt ihn rasch, federt ihn auf und nieder und wirft sich wieder hinaus in die Luft, mit unfehlbarer Sicher-



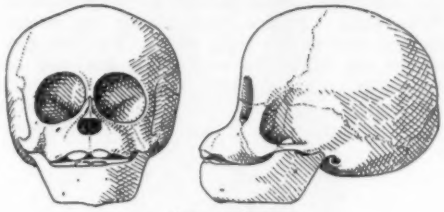
Hylobates-Kind.

Fig. 5a zeigt das obere Bild der vorigen Figur schwächer verkleinert und daher deutlicher. $^1/_3$ natürl. Größe. Es veranschaulicht die *typische* Gesamterscheinung eines *Affenkinderschädels*, die bei Anthropomorphen dann (Fig. 6) in besonderer Weise modifiziert ist, unter starker Annäherung an menschliche Verhältnisse, (Bei Hundsaffen finden wir dagegen fast genau das vorliegende Bild!) — Man beachte den zurückgebliebenen Keilbeinflügel (*k*), über dem Stirn- und Schläfenbein zusammenstoßen. Es ist sehr bemerkenswert, daß die verwandte Gattung *Symphalangus* (Fig. 5) das entgegengesetzte, über die menschlichen Zustände (Heft 33, S. 706) noch hinausgehende Extrem zeigt, indem Keil- und Schläfenbein breit aufeinander treffen, wie es auch bei Hundsaffen vorkommt.

heit einem neuen Ziele zustrebend." Dies mag zugleich ein Streiflicht auf das geistige Wesen dieses „Bindegliedes" zwischen niederen und Menschenaffen werfen. Nicht als ob hier ein Ahn der letzteren unverändert vorläge; wohl aber sehen wir die Ausgestaltung von Möglichkeiten, welche schon die wirkliche Übergangsform in sich getragen haben muß, naturhaft geschildert.

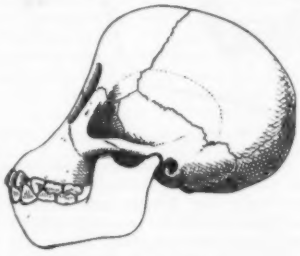
Noch viel enger schließt sich um die menschliche Norm, der Kreis der Anthropomorphen. Wenn wir die Schädel Neugeborener ins Auge fassen,

ist die Ähnlichkeit eine ganz verblüffende; doch zeigen auch noch viel spätere Stadien der Entwicklung überraschend menschenähnliche Züge. Fig. 6 zeigt z. B. einen kleinen Orang, bei dem eben die ersten Milchzähne durchgebrochen sind. Die Vorderansicht mag für sich selber sprechen. Von der Seite sehen wir allerdings eine seltsam vorragende Schnauze; sie ist unter steiler Stirn und geradeaus gerichteten Augenhöhlen um so auffallender. Das Tiermaul ist aber in dieser Form bereits kein primärer Zug mehr und müßte auf wenig jüngerem Stadium so ziemlich die Proportionen der Fig. 1 (unten) zeigen. Bemerkenswert



Orang-Kind.

Fig. 6. *Schädel eines ganz jungen Kindes vom Orang-Utan* (*Pongo pygmaeus*) ($^1/_3$ natürl. Größe). Nach SELENKA 1899, S. 158. Die Hirnkapsel ist außerordentlich menschlich; die Schnauzenpartie dagegen (auffallend früh) in der für Orang typischen Weise vorgeschoben.



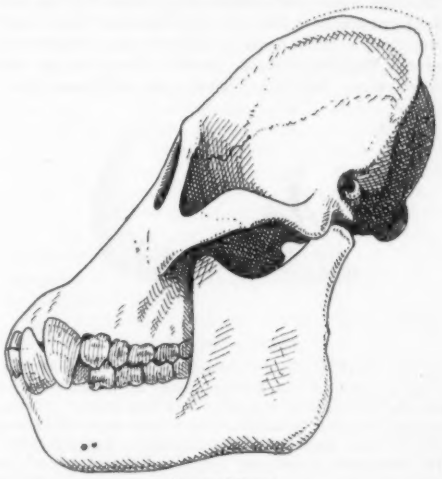
Älteres Orang-Kind.

Fig. 7. *Orangschädel* auf der *Entwicklungsstufe eines menschlichen Kindes von etwa 6 Jahren*, d. h. mit voll entwickeltem Milchgebiß. Nach einem Stück des Anthropologischen Institutes in Zürich ($^1/_3$ natürl. Größe). Die Einfügung des Keilbeins geschah hier in der für Pongiden gewöhnlichen Form, im Gegensatz zu der vorigen Figur. Beide Varianten können am gleichen Schädel (rechts-links) vertreten sein. Die Schnauzenpartie hat bereits weitere, aber keineswegs unmäßige Fortschritte gemacht, die Hirnkapsel ist noch höchst geräumig.

ist der nach dem Menschentypus wohl entwickelte Keilbeinflügel (punktiert) in der Schläfengrube, der bei Menschenaffen sonst, mit Ausnahme von *Australopithecus*, nach Art aller folgenden Figuren zurückgeblieben ist, beim Orang aber *noch immer* ein schwankendes Verhalten zeigt.

Im Verlauf der weiteren Entwicklung (Fig. 7) macht die Schnauze zunächst keine auffälligen weiteren Fortschritte und das fertige Milchgebiß zeigt keine besonders mächtige Entfaltung. Zur reinen Ernährung ist eine solche offenbar nicht nötig. Ganz anders verhalten sich die späteren Phasen.

Dagegen springt schon hier ein Zug ins Auge, den alle Anthropomorphen, mit Ausnahme jüngster Säuglingsstadien erkennen lassen: Der zahntragende Teil des Oberkiefers ist eigentümlich nach unten gewachsen, etwa so, als ob er für längere Wurzeln Platz schaffen müßte. Der Unterkiefer ist entsprechend ausgewichen, was durch die Ausbildung eines fast rechtwinklig aufsteigenden Astes, welcher am Schläfenbein eingelenkt ist, geschehen konnte. Dieser Ast ist auf früheren Stadien niedrig und sehr schräg gestellt, bei allen Anthropomorphen samt dem Menschen (Fig. 1) in



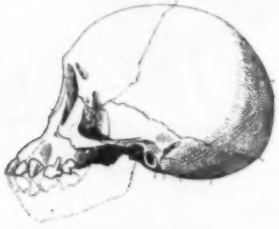
Orang-Mann.

Fig. 8. Schädel beim *ausgewachsenen Orangmann* ($^1/_3$ natürl. Größe). Das Verhältnis zwischen Schnauze und Hirnschädel hat sich in ungeheuerlicher Weise verschoben. Das Gebiß stellt eine Mühle und Waffe von außerordentlicher Stärke dar, und das Gewicht des ganzen Kieferapparates hat ein besonderes Tragkissen (von den Kehlsäcken gebildet) nötig gemacht. Die Hirnkapsel ist dagegen völlig zurückgeblieben, obwohl ihr relativer Umfang durch die Knochenwülste auf Scheitel und Hinterhaupt noch zu günstig dargestellt wird.

ganz ähnlicher Weise. Durch diese Entwicklung wird offenbar eine geräumige Mundhöhle und ein Spielraum für die Zunge geschaffen; was für das Zustandekommen einer Lautsprache bei den Vorfahren des Menschen höchst bedeutsam sein mußte. Bei den Hylobatiden und Cercopitheciden (Fig. 2 und 5) ist eine solche Dehnung der Mundhöhle erst angedeutet.

Fig. 8 zeigt uns einen ausgewachsenen Orangmann im gleichen Maßstab. (Das weibliche Tier

würde ähnliche Proportionen in weniger extremer Ausbildung zeigen und vor allem der Knochenkämme entbehren). Im Gegensatz zu jugendlichen Stadien, die sich mehr durch Behendigkeit und Intelligenz auszeichnen, scheint der reifende Orang ein sehr wehrhaftes Tier zu werden. Sein Gebiß erlangt eine fast unwahrscheinliche Mächtigkeit und bedingt eine kolossale Vergrößerung der Kiefer, die dem Schädel als Ganzes ein stark verändertes Aussehen geben. Wenn man vom Orang nichts als den fertigen Schädel kennte, dürfte es einigermaßen schwer halten, skeptische Laien von ihrer nahen Verwandtschaft mit diesem Ungeheuer zu überzeugen. Und der Laie hat ganz recht: die Pongiden sind zwar unsere *nächsten* Verwandten im Tierreich, ein Zweig am gleichen Ast. Aber diese Zweige sind recht lang: Eine seit Jahrmillionen dauernde selbständige Entwicklung hat nicht nur aus dem Menschen, sondern auch aus dem Orang etwas recht anderes gemacht, als die gemeinsamen Vorfahren einst waren! Soviel mag uns dieser eine Schädel lehren, der übrigens kein



Schimpansen-Kind.

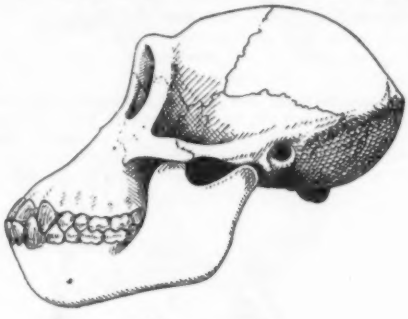
Fig. 9. *Schädel eines Schimpansenkindes* ($^1/_3$ natürl. Größe). Nach einem Exemplar des Zool. Museums in Zürich. Unterkiefer nur punktiert angedeutet, um die Schädelbasis frei zu lassen. Die Schnauzenentwicklung gleicht trotz stark vorgezogener Zähne erst jetzt dem (viel jüngeren) Orang der Fig. 6. Die Hirnkapsel ist trotz der fliehenden Stirn und dem zurückgebliebenen Keilbeinflügel nicht weniger menschlich als dort. Jochbogen, Wangenbein, Augenhöhle, Ohrgegend aber sind im äußersten Grade den entsprechenden Bildungen unserer Kinder ähnlich. Man vergleiche darüber einen späteren Aufsatz!

Extrem darstellt: Die punktierte Linie deutet die Höhe der Knochenkämme auf Scheitel und Hinterhaupt bei einem andern Individuum an. (Zürich, Anthropologisches Institut.)

Ähnlich wie der Orang der malayischen Inseln verhält sich sein afrikanischer Vetter, der Schimpanse (*Pan chimpanse*). Fig. 9 zeigt ein junges Kind, einem menschlichen von $1^1/_2$ Jahren vergleichbar; eben brechen seine 2. Backenzähne durch.

Die hohe Menschenähnlichkeit des Ganzen muß auch dem ungewöhnten Auge auffallen. Sie ist aber in einzelnen Teilen überraschend vollkommen und man begreift, wenn der Anthropologe immer wieder auf den Schimpansen als nächsten Vetter verfällt. Näher blutsverwandt ist er mit uns trotzdem nicht als andere Pongiden, nur in manchen Teilen weniger, in anderen dafür mehr, von der Wurzel aller Anthropomorphen abgewichen. Schon auf diesem Stadium zeigt er trotzdem auch seine besonderen Neigungen: Sein Maul ist in durchaus eigentümlicher Weise (nicht einfach nach Affenart) zur *Pinzette* vorgezogen, weniger zum Zerbeißen, als zum Fassen von Gegenständen jeder Art geeignet. Der Schimpanse hat dies wie der Orang nötig, wenn die Hände beim *Klettern* beschäftigt sind. Man vergleiche den mehr am Boden lebenden jungen Gorilla (Fig. 12).

Die spätere Entwicklung liefert auch hier ein sehr mächtiges Gebiß und ein zurückgebliebenes Hirn. Doch ist diese Veränderung bei weitem nicht so extrem wie beim Orang. Die Knochenkämme des Schädeldaches bleiben aus, weil die Kaumuskeln nicht ganz bis zur Scheitellinie aufwärts greifen, auch nicht beim Manne. Immerhin ist der Gegensatz von Kind und Vater groß genug,



Schimpansen-Weib.

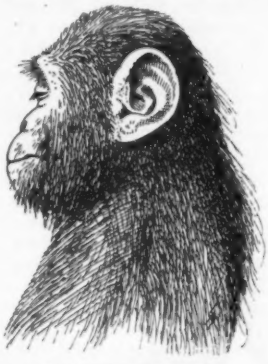
Fig. 10. *Schädel eines erwachsenen Schimpansenweibes* ($^1/_3$ natürl. Größe). Man beachte auch hier das sekundäre Überwiegen der Kieferpartie über den zurückbleibenden Hirnschädel, die mächtig entwickelten Jochbögen und Augenbrauenwülste, sowie die Knochenerhebungen am Hinterhaupt zum Ansatz der Nackenmuskulatur, welche den vorn überhängenden Kopf im Gleichgewicht halten muß!

sogar der zwischen Kind und Mutter! Die beiden Geschlechter unterscheiden sich hier allerdings viel weniger, obgleich auch beim Schimpansenmann die Krone des Eckzahnes doppelt so lang wird wie die des folgenden Backenzahnes und im Scheitelkamm wenigstens im hinteren Teil angedeutet werden kann.

Das Profilbild dieses bestbekannten Anthropomorphen gibt Fig. 11. Sie zeigt das bereits ziemlich ausgewachsene Tier, dessen Gesamterscheinung *außerordentlich* variabel ist. Färbung und Behaarung, sowie die Bildung des Gesichtes nähern sich in verschiedenem Maße dem Gorilla; auch die meist riesigen und abstehenden Henkelohren können anliegend und von sehr manierlicher Größe sein (beim Gorilla sind sie stets klein).

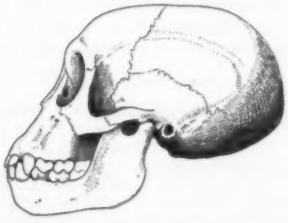
Am spätesten unter lebenden Pongiden setzt

die absteigende Entwicklung des Schädels beim Gorilla ein, der überhaupt manches an Menschenähnlichkeit vor den andern voraus hat, wie wir schon früher feststellten (Naturw. 1925, S. 705). Fig. 12 zeigt zwar bereits eine deutlich vorgeschobene Schnauzenpartie. Doch ist nicht zu verkennen, daß sie unter dem Oberbau des Kopfes noch viel harmonischer eingefügt ist als bei Fig. 9. Der frei vorragende Nasenrücken weist daher über die nur wenig vorgezogenen Schneidezähne hinweg; wir haben



Schimpansen-Jüngling.

Fig. 11. *Erwachsener, aber noch jugendlicher Schimpanse.* Nach einer Photographie von MOLLISON; vgl. MARTIN, Lehrb. d. Anthropol. S. 371 (etwa $^1/_4$ natürl. Größe). Die Verlängerung des Kiefers hat hier noch nicht ihr Extrem erreicht, das Ohr ist von normaler Größe. Im ganzen hat man das typische Bild eines Menschenaffen vor sich, das eine nachträgliche Umbildung bereits stark vom kindlichmenschlichen Vorzustand entfernt hat (man vgl. darüber spätere Bilder!).



Junger Gorilla.

Fig. 12. Schädel eines jungen Gorilla (*Gorilla gorilla*). Nach SELENKA 1899, Taf. 8, Fig. 171, umgezeichnet ($^1/_3$ natürl. Größe). Dies ist, in der Gesamterscheinung, der menschenähnlichste Tierschädel, dessen Abbildung mir aus der Literatur bekannt geworden ist. Trotzdem verrät schon das zurückgebliebene Keilbein (*K*) eine von der unserigen längst abgesonderte Entwicklungsreihe und deutet den (allerdings noch sehr wenig betonten) Eigencharakter der Pongiden an. Auch das Gebiß, aus den 20 Milchzähnen bestehend, zeigt eine stärkere Differenzierung der Zähne, wie sie für die Pongidenfamilie charakteristisch ist. Der vordere Backenzahn hat die für Schimpansen und Gorilla spezifische Form (gegen Orang und Mensch).

ein zwar kräftiges Maul, aber nicht das Greifinstrument des Schimpansen oder Orang vor uns. Die Schädelkapsel ist gegenüber jungen Stadien bereits relativ verkleinert, vor allem aber abgeflacht und auffallend lang; das Ganze hat dabei eine durchaus unverkennbare Ähnlichkeit mit den urmenschlichen Verhältnissen der Neandertaler Rasse (Naturw. 1925, S. 707). Eine etwa auffallende Verschiedenheit in der Stellung der Augenhöhlen erklärt sich dadurch, daß die Brauenbögen hier noch nicht stärker ausgebildet sind. Auch der jugendliche Neandertaler-Mensch zeigt eine entsprechende Verschiedenheit vom alten (man vgl. eine spätere Figur, sowie die Abhandlung von H. WEINERT über den Schädel von LE MOUSTIER, Berlin, Springer 1925).

Trotzdem liegt auch hier nicht etwa ein Zeugnis besonderer Verwandtschaft vor, etwa auf eine spezielle Gorillaabstammung des Menschen deutend. Ebensowenig gestatteten beim Orang oder Schimpansen oder beim *Australopithecus* die besonderen Übereinstimmungen eine so voreilige Erklärung. Es fehlt ja auch nicht an Zügen, welche trotz allem die frühe Absonderung vom Menschenstamm betonen: Das Gebiß zeigt nicht nur spezielle Pongidenmerkmale, sondern auch solche, die für die beiden afrikanischen Gattungen allein charakteristisch sind, während der Orang im Sinne des Menschen von ihnen abweicht. Der Jochbogen hat bereits eine Krümmung, wie sie nur dem Gorilla zukommt und eine auch beim Urmenschen nicht beobachtete Stärke.

Der Schädel des älteren Gorilla macht anscheinend genau die gleichen Wandlungen durch, die wir beim Orang und Schimpansen kennen lernten. Doch sind gewisse Besonderheiten nicht zu übersehen: So mächtig auch die Kiefer werden (Fig. 13), so wird doch die Schnauze nicht in der Art des Schimpansen und Orang unter dem oberen Teil des Gesichtes vorgezogen. Der Nasenrücken bleibt in der Seitenansicht stets wohl sichtbar, vielfach frei vorragend, während ihn schon jugendliche Orangs und ältere Schimpansen völlig eingedrückt zeigen. Dabei spielen allerdings nicht selten Verletzungen mit: Wie viele Hundsaffen, so zeigen auch die meisten Menschenaffen, die ich untersuchen konnte, am Schädel Spuren mißglückter Abenteuer, die sie wohl recht unsanft aus luftiger Höhe beförderten.

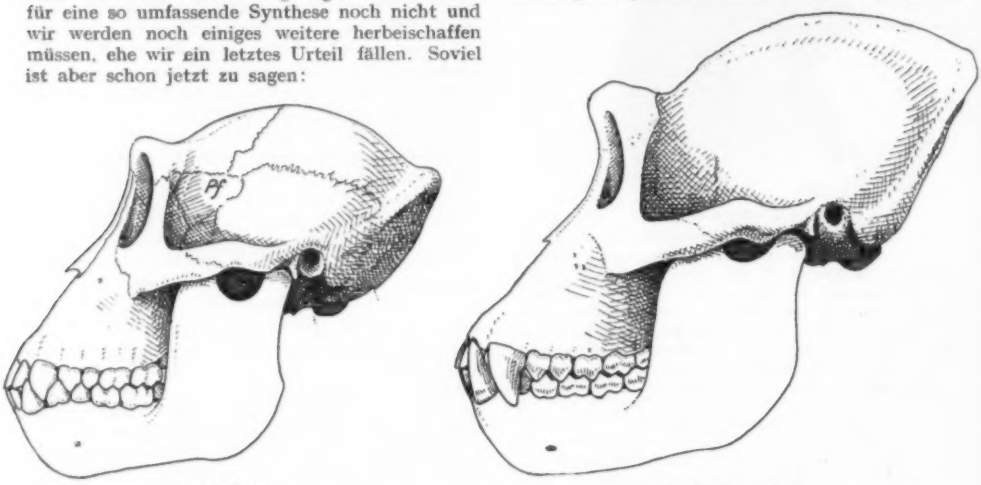
Der Schädel des weiblichen Gorilla entfernt sich so unter lebenden Anthropomorphen architektonisch am wenigsten von der typischen Jugendform, wenn auch, der bedeutenden Größe entsprechend, die Knochenwülste am Hinterhaupt etwas stärker werden als beim Schimpansen. Um so auffallender ist die sekundäre Veränderung des männlichen Schädels. Seine kantigen Brauenwülste überwölben die dadurch sehr tiefliegenden Augen in unheimlicher Weise und die Mittellinie des Scheitels krönt ein scharfer, hoher Helmkamm, welcher mit den ebenso entwickelten Knochenleisten des Hinterkopfes zur charakte-

ristischen Pyramidenspitze zusammentrifft, ähnlich, aber viel mächtiger als beim Orang. Der unbefangene Betrachter gewinnt so viel eher den Eindruck eines scheußlichen Raubtiers als den eines Wesens, das einst nahe daran war, die Krone der Schöpfung zu bilden.

Wenn wir zum Schluß diese Tatsachen zusammenfassen und deuten wollen, erweist sich die Aufgabe als nicht allzu einfach; jedenfalls kann dies nicht sozusagen in einem Zuge geschehen. Wir haben vielmehr zweierlei Stufen zu berücksichtigen, nämlich die des natürlichen Systems und die der individuellen Entwicklung. Wenn wir den ganzen Zusammenhang *stammesgeschichtlich* auffassen wollen, kommt noch eine 3. Stufenfolge hinzu, nämlich die der geologischen Zeitrechnung, innerhalb deren jeder Typus einen mehr oder minder sicher bestimmbaren Platz hat. Offenbar genügt unser Material für eine so umfassende Synthese noch nicht und wir werden noch einiges weitere herbeischaffen müssen, ehe wir ein letztes Urteil fällen. Soviel ist aber schon jetzt zu sagen:

vergrößerte Gehirn. Die Schläfenlücke schließt sich auf verschiedene Weise, entsprechend den gegebenen Möglichkeiten. Die schwankende Wachstumsenergie der 4 hier im Kreuz zusammentreffenden Knochen bestimmt darüber, ob Keil- und Scheitelbein oder Stirn- und Schläfenbein zuerst zusammentreffen. Überhaupt hat man sich klarzumachen, daß es die Morphologie nicht mit starren oder abstrakten Formen, sondern mit den bildenden Kräften mehr oder weniger harmonisch zusammenwirkender Teile zu tun hat. Das ist gedanklich zu berücksichtigen, ob wir nun praktisch lebende Tiere, tote Skelette oder gar Versteinerungen zur Beurteilung in Händen haben.

Bei den Anthropoiden haben wir die gleiche Kombination in mindestens leicht gesteigerter Form vor uns (*Hylobatidae*); ebenso bei den eigentlichen Anthropomorphen; hier aber sind die Schädel- und



Gorilla-Weib. *Gorilla-Mann.*

Fig. 13. *Schädel eines ausgewachsenen*, aber noch *jugendlichen Gorillaweibchens* und eines *älteren Gorillamannes* ($^1/_3$ natürl. Größe). Nach Exemplaren des Züricher zool. Museums. Man beachte die bedeutende Verschiedenheit der Geschlechter. Der Mann entfernt sich durch viel stärkere Zähne, vor allem Eckzähne, und Augenbrauenwülste, sowie durch die eine ungeheure Kau- und Nackenmuskulatur verratenden Knochenkämme mehr als das Weibchen vom indifferenten Jugendzustand. Der weibliche Schädel könnte als Normaltypus der Pongiden gelten, wenn nicht die Absonderung eines mächtigen Postfrontale (*Pf*) vom Stirnbein bei dem vorliegenden Exemplar einen abnormen (atavistischen) Zug darstellte (man vgl. den normalen Jugendschädel).

I. Für die reifen Embryonen aller Simiae ist eine Schädelform typisch (Fig. 1, Mitte), die gegenüber andern Säugetieren eine sehr bedeutende Vergrößerung der Hirnkapsel und eine relative Verkürzung der Kieferpartie bringt, bei der die Augenhöhlen nach vorn gerichtet (plastisches Sehen!) und von den Schläfengruben durch Verbindung des Stirn- und Wangenbeins abgetrennt sind. Eine mehr oder minder steile Stirn- und ein beträchtlich gedehntes Hinterhaupt, sowie die sich nur sehr allmählig schließende weite Schläfenfontanelle verraten die Anpassung des Skeletts an das mächtig Gehirnproportionen in der Anlage durchaus menschlich geworden (Fig. 1, unten).

II. Der Schädel des jungen Kindes (Säuglings) bewahrt bei allen Simiae viel von der angelegten Menschlichkeit. Er zeigt stets noch eine deutliche Stirn (wie spätere Bilder dartun werden). Bei den Anthropoiden ist dieses Verhalten mindestens (*Hylobatidae*) noch etwas stärker betont, bei den eigentlichen Anthropomorphen aber hat der Säugling *immer* eine schöne freie Menschenstirn, wie man zunächst Fig. 6 entnehme! Man weiß, daß auch der heutige Mensch darin zuerst stets weiter

geht als der Erwachsene seines Typus vermuten ließe; die Stirn wird später relativ flacher, das Gehirn schließt sein Hauptwachstum früher ab als der übrige Körper, ebenso wie das Auge und andere hochdifferenzierte Organe.

III. Der Jugendschädel (um die Zeit des Zahnwechsels) zeigt bei allen Simiae, ebenso wie bei anderen Tieren, bereits die beginnende Auswirkung dieses ungleichen Wachstums. Die Stirn flacht mehr oder minder stark aus (Fig. 2). Bei den Anthropoiden ist die verbleibende Wölbung aber noch immer sehr merklich (Fig. 5, Mitte) und bei den Anthropomorphen persistieren (Fig. 7, 9, 12) noch jahrelang höchst menschenartige Verhältnisse mit sehr beträchtlichen Schwankungen, die beim *Australopithecus* ins Extrem gehen, soweit die Hirngröße und Schädelwölbung in Frage steht.

IV. Bei den heranwachsenden Tieren tritt das Gemeinsame innerhalb jeder Gruppenbildung immer mehr zurück. Der Eigencharakter der Arten baut sich hier auf der altererbten, urtypischen Grundlage auf. Dabei verstärkt sich zwar *überall* der Kieferapparat im Verhältnis zum Hirnschädel und die Masse der Wandung im Verhältnis zum Binnenraun des letzteren. Doch gibt es auch unter den Hundsaffen Formen (z. B. Lasiopyga cephus und andere meerkatzenartige), bei denen die Verhältnisse der Fig. 2 sich nur unbedeutend ändern. Die Schnauze bleibt kurz, der Schädel gut gewölbt und der urtypische Charakter leidlich gewahrt. Bei andern, vor allem bei den pavianartigen, verlängert sich die Schnauze eigentlich hundemäßig, was den heutigen Lebensbedingungen der im Kampf ums Dasein offenbar immer webrhafter gewordenen Tiere entspricht. Für die Anthropoiden muß eine sehr *deutliche* sekundäre Verstärkung der Kieferpartie ebenfalls als charakteristisch gelten (mit Einschluß des Menschen). Doch führt sie nur im Falle spezieller Anpassung zu schräg vorgezogenen Schneidezähnen (Fig. 9). Auch die Ausbildung stark verlängerter Eckzähne ist im obigen Sinne als eine sekundäre Steigerung dieser altererbten Waffe aufzufassen, wie sie bei allen Säugetieren da auftrat, wo die Lebensbedingungen es erforderten. (Die ältesten Anthropoiden besaßen fast menschliche kleine Eckzähne.)

Bei den eigentlichen Anthropomorphen haben wir 2 Typen der gesteigerten Schnauzenentwicklung zu unterscheiden, nämlich die Orang-Schimpansenform, welche eine unverkennbare Anpassung ans Baumleben (Greifinstrument) darstellt, und die des Gorilla, die lediglich eine Verstärkung des Beiß- und Kauapparates, ohne übermäßige Störung im Gefüge des Vorderkopfes, bedeutet. Die letztere kann allein für die Pongiden als ursprünglich gelten, da sie durch eine direkte Weiterbildung des primär angelegten Typus entsteht. Die ältesten Vertreter der Familie (im oberen Miocän) mußten, nach den vorhandenen Resten zu schließen, bereits sehr ähnliche Verhältnisse — wie etwa das Gorillaweibchen der Fig. 13 — zeigen.

Eine andere Frage ist die, ob oder wie weit wir für die Anthropomorphen überhaupt, d. h. für die den Hominiden und Pongiden gemeinsame Urform die sekundäre Schädelentwicklung der letzteren als typisch und ursprünglich ansehen können. Eine nähere Erwägung dieser Frage wollen wir einem folgenden Aufsatz vorbehalten, welcher Pongiden und Hominiden etwas strenger vergleichen soll. Zunächst ist klar: Der Augenschein zeigt in der Geschichte des Pongidenschädels einen ungeheuren sekundären Abfall von einer unverkennbar primär eingeschlagenen und noch jahrelang von jedem Individuum verfolgten, menschlich gerichteten Entwicklung und schon die Urform der Familie für sich allein kann nur menschenähnlicher gedacht werden als ihre einzelnen heutigen Vertreter. Schon diese Urform aber muß in eine weite Vergangenheit zurückverlegt werden, mindestens ins mittlere Miocän. Denn im oberen ist der spezialisierte, heutige Charakter bereits festgelegt.

Über die Regelung des Auftriebes von Luftschiffen.

Von KURT PETERS und PETER SCHLUMBOHM, Berlin.

Die oft genannten Gebrüder MONTGOLFIER waren nicht die ersten, die sich mit dem Problem der Erzielung eines Auftriebes in Luft beschäftigten. Bereits von einem Schüler des Pythagoras, ARCHYTAS VON TARENT, wird berichtet, daß er eine hölzerne fliegende Taube gebaut habe, „in der ein Hauch eingeschlossen war". Von GALILEI wissen wir, daß er das archimedische Prinzip auf Luft als Medium angewandt hat, um z. B. das Schweben von Wolken und Rauch zu erklären. Im Jahre 1670 entwickelte ein Pater FRANCISCO LANA den Gedanken, daß Metallblechkugeln, aus denen die Luft entfernt sei, sich in die Luft erheben müßten. Und im Jahre 1709 gelang es einem Pater BARTHOLOMAEO LORENZO DE GUSMANN in Lissabon, mit einem Ballon, dessen Luftinhalt erwärmt war, etwa 50 m hoch in die Luft aufzusteigen. Weitere Versuche hat ihm die Inquisition verwehrt, und so waren die Gebrüder MONTGOLFIER tatsächlich diejenigen, die im Jahre 1782 durch die Konstruktion eines Luftballons, ihrer Montgolfière, die moderne Luftschiffahrt begründeten. Ihre Methode, als Füllgas erwärmte Luft zu benutzen, war allerdings noch sehr mangelhaft in bezug auf die Konstanz des Auftriebes und die Größe der Nutzleistung. Eine wesentliche Verbesserung in beiden Punkten brachte die „Charlière" des französischen Physikers CHARLES, der, bereits im Jahre 1783, als Füllgas Wasserstoff verwandte. Da es in der Formel des Auftriebes darauf ankommt den Subtrahenten, das Gewicht des Füllgases, möglichst klein zu wählen, so stellte Wasserstoff

physikalisch tatsächlich das Optimum[1]) dar. Die Ausführung der von LANA skizzierten Denkmöglichkeit, den Ballon völlig zu evakuieren, stößt technisch auf zu große Schwierigkeiten in bezug auf die Druckfestigkeit der Hülle[2]). Eine Milderung dieser Schwierigkeiten wäre möglich, wenn der starre Luftballon „in zwei oder mehrere einander umschließende Räume geteilt ist, und diese derart luftleer gehalten werden, daß eine allmähliche Druckzunahme von innen nach außen stattfindet"[3]). Da Wasserstoff betriebstechnisch auf Grund von Knallgasmöglichkeiten und starker Diffusion große Mängel aufzuweisen hat, sind seit CHARLES bis in die neueste Zeit für die Wahl des Füllgases immer wieder Vorschläge gemacht worden. Außer Leuchtgas und Ammoniak wurde z. B. überhitzter Wasserdampf genannt[4]). Der letzte und beste Vorschlag stammt von RAMSAY: Die Verwendung von Helium, das auf Grund seines geringen spezifischen Gewichtes und seiner chemischen Reaktionsträgheit besonders gut geeignet ist[5]).

Nachdem das Problem der Erzeugung eines Auftriebes in Luft und das Problem der Konstanz dieses Auftriebes prinzipiell gelöst war, blieb als drittes:

Die Regelung des Auftriebes.

Faszinierend — durch die Klarheit der Problemerfassung — wirken hier die Vorschläge und Konstruktionen von PILÂTRE DE ROZIER aus dem Jahre 1785. Bereits bei seinem ersten Aufstieg mit einer Mongolfière versuchte er, das Steigen und Fallen des Ballons während der Fahrt durch Schüren und Löschen des Feuers zu beeinflussen. Da seine Freude am erzielten Effekt durch die kurze Dauer der Fahrt getrübt wurde, kam er auf den ausgezeichneten Gedanken, die Montgolfière mit einer Charlière zu kombinieren. Eine solche „Rozière" bestand aus einem oberen Wasserstoffballon, der die Erzeugung des größten Teiles des Auftriebes und dessen Konstanz garantierte, gekoppelt mit einer darunterhängenden Montgolfière. Diese Montgolfière diente dann lediglich für die navigatorische Änderung der Flughöhe: Je nach der in ihr herrschenden — willkürlich veränderlichen — Temperatur konnte jenes kritische, zusätzliche Plus-Minus des Auftriebes erreicht werden, das ein Steigen oder Fallen des Systems bewirkte. Den Luxus des Erfinders, die Idee persönlich in die Praxis umzusetzen, zahlte ROZIER mit seinem Leben: Die für einen Kanalflug in Calais gestartete Rozière „explodierte" auf halbem Wege. (Juni 1785.) Wahrscheinlich zündeten Funken des Kohlenfeuers der Montgolfière den Wasserstoff der Charlière.

Gedanklich war die Rozière ein Höhepunkt in der Geschichte der Luftschiffahrt, der nie wieder erreicht wurde; das letzte logische Problem der Luftschiffahrt: die willkürliche Regelung des Auftriebes ohne Verlust von Traggas, war damit im Prinzip gelöst.

Die Erinnerung an das Schicksal ihres Erfinders, das noch dazu später von einem Nachahmer geteilt wurde, trübte wohl den Blick späterer Luftschiffer für die Möglichkeiten konstruktiver Verbesserungen dieses Prinzips[1]). Nur ein rein spekulativer Kopf, JULES VERNE, hat — der fatalen Notwendigkeit einer persönlichen Nachprüfung auf Richtigkeit und Brauchbarkeit enthoben — hier unbekümmert angeknüpft. Seine Lösung des Problems der willkürlichen Regelung des Auftriebes ohne Gasverlust, speziell mit der dadurch geschaffenen Möglichkeit des willkürlich häufigen Landens und Aufsteigens ohne Nachfüllung bildet den „wissenschaftlichen" Untergrund des Romans „5 Wochen im Ballon".

ROZIER hatte aus Konzession an die Feuergefährlichkeit des Wasserstoffes als Mittel für den durch Erwärmung erzeugten zusätzlichen Auftrieb ein zweites Traggas gewählt. JULES VERNE dagegen diktiert mit der Festigkeit eines Etappengenerals seinen Helden die direkte Beheizung des Wasserstoffes. Der nur zur Hälfte gefüllte Ballon soll durch Erhitzen des Wasserstoffes um 300° auf das doppelte Volumen gebracht werden können, so daß durch Erhitzen und Abkühlen reiche Möglichkeiten bestehen. Der Wasserstoff passiert eine Heizschlange. Die Heizschlange wird erwärmt durch ein Knallgasgebläse. Wasserstoff und Sauerstoff für das Knallgasgebläse werden gewonnen durch Elektrolyse von mitgenommenem Wasser. Die Elektrolyse erfolgt durch eine Bunsenbatterie. Ganz abgesehen davon, daß die Verwandlung der elektrischen Energie in Wärme besser direkt, ohne den Umweg über die Elektrolyse, erfolgen könnte, reichen natürlich die Kräfte jener Bunsenbatterie nicht im entferntesten aus, den Effekt zu erzielen. So war denn auch dies, wie so häufig bei JULES VERNE, ein sehr hoher Scheck ohne physikalische Deckung.

Die Praxis der Freiballontechnik hat sich dann dahin entwickelt, eine gewisse Menge Ballast mit an Bord zu nehmen, durch Abwerfen dieses Ballastes den Auftrieb zu erhöhen und durch Ablassen von Traggas den Auftrieb zu vermindern. Diese Methode war erträglich bei Freiballons, kritisch wurde sie bei Luftschiffen mit Benzinmotoren. Ein Luftschiff wird während der Fahrt durch den Benzinverbrauch dauernd leichter. Die Zahlen sind überraschend hoch; um ein konkretes Bei-

[1]) Das Gewicht der verdrängten Luft, verringert um das Gewicht des verdrängenden Gases, ergibt den freien Auftrieb des Gases; dieser freie Auftrieb, verringert um das Gewicht der Maschinerie ergibt dann den nutzbaren Auftrieb des Ballons.

[2]) Eine evakuierte Kugel von 100 000 cbm Inhalt, mit einer Oberfläche von 10 400 qm kann in Luft ca. 129 Tonnen tragen, entsprechend 10 400 qm Aluminiumblech von nur 4,6 mm Dicke.

[3]) D.R.P. 214 122. 1908.

[4]) D.R.P. 214 019. 1908.

[5]) Ein Zusatz von 15% Wasserstoff zum Helium erhöht die Tragfähigkeit, ohne die Feuersicherheit der Füllung zu beeinträchtigen.

[1]) Graf ZAMBECCARI, der das Schüren und Löschen des Kohlenfeuers durch das Variieren einer Anzahl von Spiritusflammen ersetzte.

spiel zu geben: der Z. R. III verbrauchte für die Amerikafahrt pro Stunde 500 l Benzin, insgesamt 23 Tonnen. Durch diesen Gewichtsverlust wird der Auftrieb des Systems dauernd größer. Daher ist für Luftschiffe die Regelung des Auftriebes nicht nur eine Frage der navigatorischen Höhenveränderung, sondern auch eine Frage der Kompensation des Benzingewichtsverlustes.

Diese kann geschehen entweder durch Schaffung neuer Gewichtsmassen oder durch Verringerung des Traggasvolumens[1]). Das nächstliegende wäre analog einem Wasserschiff mit Wasserballast ein Luftschiff mit Luftballast. In diesem Sinne wird in einem Patent der Vorschlag gemacht, „mit Hilfe eines Kompressors eine den verlangten Gewichtszuwachs darstellende Menge von Preßluft anzusammeln, wobei die Brennstoffbehälter dermaßen stark ausgebildet werden, daß sie nach Abgabe ihres Brennstoffes zur Aufnahme von Preßluft verwendet werden können[2])". Da es sich um sehr große Luftmengen handeln würde, stößt jedoch die technische Ausführung auf bisher nicht überwundene Schwierigkeiten. Ein besserer Weg, augenblicklich der aussichtsreichste, während der Fahrt Gewichtsmassen zu schaffen, ist

die Ballastwassergewinnung.

Durch Verbrennen von 1000 cbm Wasserstoff der Ballonfüllung mit dem Sauerstoff der Luft zu Wasser erhält man 800 kg Wasser. Die Verkleinerung des Traggases um diese 1000 cbm bedingt ihrerseits eine Reduktion des Auftriebes um ca. 1200 kg. Man erreicht also mit 1000 cbm Wasserstoff den Gesamteffekt von ca. 2 Tonnen.

Eine zweite Möglichkeit, Ballastwasser zu gewinnen, besteht in der Kondensation des bei der Verbrennung des Benzins gebildeten Wassers. Die theoretische Ausbeute wäre hier im Maximum 130—140% des Benzingewichtes. Praktisch wird dieser Wert jedoch längst nicht erreicht. In dem Buche von ENGBERDING findet sich die Angabe, daß bis jetzt keine befriedigende Konstruktion vorliegt, da die gebräuchlichen Modelle bei großem Luftwiderstand viel zu schwer sind und sich nicht für Dauerbetrieb eignen[3]).

Bei der Amerikafahrt des Z. R. III hat man auf die Anwendung der Ballastgewinner völlig verzichtet. Mit den in Amerika nachträglich in dieses Schiff eingebauten Apparaten hat man bei kurzer Betriebszeit im günstigsten Fall 105% erzielt[4]).

Aus theoretischem Interesse sei noch auf einige praktisch bedeutungslose Vorschläge hingewiesen:

[1]) Wir sehen ab von den vergeblichen Versuchen von BAUMGARTEN und WÖLFERT (1897), den genannten Effekt durch vertikal wirkende Hubschrauben zu erzielen.

[2]) D.R.P. 226 930. 1909.

[3]) ENGBERDING, Luftschiff und Luftschiffahrt, V. D. I.-Verlag: Berlin 1926.

[4]) Die Kenntnis dieser und anderer technischer Einzelheiten verdanken wir den liebenswürdigen Auskünften der Herren Dr. ECKENER, FLEMMING und SCHERZ.

Ein Patent sieht einen Vakuumbehälter an Bord vor, „durch dessen Öffnen in Verbindung mit dem Traggas dem Ballon plötzlich größere (?) Mengen von Gas entzogen werden können"[1]). Ein anderes kennzeichnet ein Wasserstoffluftschiff, dessen „Wasserstoff in Palladium oder Palladiumverbindungen enthaltende Kammern geleitet wird, die, entweder abgekühlt oder erhitzt, Wasserstoff ansaugen und wieder abgeben"[2]). Und ein weiblicher Erfinderkopf schlägt vor, das Volumen einer Wasserstoffüllung nach dem Gasablassen dadurch wieder zu vergrößern, „daß flüssiger Wasserstoff während der Fahrt vergast und das absiedende Gas dem Ballon zugeführt wird[3])." Häufig, aber nur sehr zaghaft, wird auch in der Patentliteratur an die Ausnutzung der thermisch bedingten Volumenveränderung gedacht. Angesichts der großen Menge feuergefährlichen Gases wirkt die Assoziation: Explosionsgefahr, hemmend. Die zugemuteten Temperaturen sind gering und die konstruktiven Mittel so bescheiden, daß der Effekt für eine Kompensation des Benzingewichtsverlustes nicht ausreicht; als Ziel wird auch lediglich die Wahrung einer Volumenkonstanz des Traggases genannt, die Einknickungen von unstarren Luftschiffen bei Gasverlusten vermeiden soll.

Interessant ist, daß es jedoch den Zeppelinkommandanten als „Praktikerkniff" geläufig war, das nicht ganz gefüllte Schiff vor dem Aufstieg in die Sonne zu legen, um durch Erwärmen des Gases eine Volumensvergrößerung zu erzielen. Angesichts der Dringlichkeit des Problems ist es erstaunlich, daß trotz der reichen gedanklichen Vorarbeit in der Geschichte der Luftschiffahrt, in der Patentliteratur und in der Praxis, nicht schon längst die so naheliegende Konsequenz gezogen wurde, die gewünschte Volumensveränderung unter Wahrung der Gewichtskonstanz durch elektrische Beheizung zu erzielen. und zwar unter Berücksichtigung der Notwendigkeit, auf schwere Bordmittel zu verzichten.

Volumenveränderung durch Gasablassen.

Denn was ein Verlassen der primitiven Freiballontechnik des Gasablassens praktisch bedeuten würde, zeigt wieder das konkrete Beispiel der Amerikafahrt des Z. R. III, auf der zur Kompensation jener 23 Tonnen Benzin 20000 cbm Gas abgelassen werden mußten. Das Gasablassen selbst ist sehr umständlich und gefährlich. Jede Gaszelle hat neben einem Überdruckventil ein sog. Manövrierventil, das sich durch Drahtzüge zum willkürlichen Gasablassen öffnen läßt[4]). Es kann jedoch vorkommen, daß sich dieses Ventil nicht wieder schließt und der Inhalt einer ganzen Zelle ausläuft.

[1]) D.R.P. 89 859.

[2]) D.R.P. 219 599. 1908.

[3]) D.R.P. 247 139. 1909.

[4]) Siehe z. B. L. DÜRR, Fünfundzwanzig Jahre Zeppelin-Luftschiffbau. V. D. I.-Verlag, Berlin 1925 und ENGBERDING loc. cit. Seite 9.

Zur Vermeidung dieser Eventualität verzichtet man praktisch auf das Manövrierventil. Soll Gas abgelassen werden, so wählt man lieber den Umweg über das Überdruckventil, das sich automatisch betätigt, wenn die „Prallfüllung" überschritten wird. Um diesen Zustand zu erreichen, muß man mit „leichtem Schiff" höher gehen. Das Fahren mit leichtem Schiff ist navigatorisch ungünstig und eine neue Gefahrquelle. Durch Stürme kann das Schiff mit dem zu starken Auftrieb derartig schnell in große Höhen geführt werden, daß der durch den verringerten äußeren Atmosphärendruck entstehende Überdruck in den Gaszellen nicht schnell genug durch Ventile ausgeglichen wird. Die Zellen platzen, der Inhalt entweicht, das Schiff stürzt in die Tiefe. Ein solcher Schulfall ist durch die Shenandoah-Katastrophe gegeben, wobei wohl — verschärfend — der Wunsch, Helium zu sparen, die Betätigung der Ventile verzögerte. Bei Wasserstoffschiffen kann das Gasablassen auch in dem Sinne katastrophal wirken, daß durch den geringfügigsten Zufall eine Initialzündung der das Schiff dann umgebenden Knallgasmischung erfolgt. Bei Heliumschiffen bedeutet es in jedem Fall den unwiederbringlichen Verlust des sehr teueren und knappen Gases[1]). Wie sehr man den Gasverlust scheut, geht daraus hervor, daß die „Los Angeles" bei ihrer Tauffahrt und bei einer Fahrt nach den Bermudas ca. 2 Stunden mit zu starkem — und durch den Benzinverbrauch natürlich immer stärker werdenden — Auftrieb über dem Landungsplatz kreuzte, bis die funkentelegraphisch angeforderte Genehmigung des Marineamts zum Gasablassen eintraf.

Volumenveränderung durch elektrische Beheizung.

Da es für die Zukunft der Luftschiffahrt von größter Bedeutung ist, die Schiffe mit Helium zu füllen, würde es darauf ankommen, gerade bei Heliumluftschiffen die Methode des Gasablassens zu beseitigen. Und gerade bei Heliumluftschiffen liegen die Bedingungen für die Anwendung einer im oben gekennzeichneten Sinne verbesserten Methode sehr günstig, da Helium völlig feuersicher ist.

Festzustellen ist, daß bis jetzt praktisch bei Heliumschiffen keine brauchbare Methode existiert, um den durch den Benzinverbrauch verursachten Gewichtsverlust des Luftschiffes so zu kompensieren, daß beim Landen ein Gasablassen unnötig wäre. Besonders bei Unterschieden zwischen der Temperatur des Startplatzes und der des Landungsortes reicht die oben erwähnte Leistung der Ballastwassergewinner nicht aus, um den zum Landen nötigen Abtrieb zu garantieren. Man braucht eine weit darüber hinausgehende zusätzliche Beschwerung.

Uns erscheint nun folgende Methode zweckmäßig: Man kombiniert die Ballastwassergewinnung mit der thermisch bedingten Volumensveränderung des Traggases. Die Abkühlung eines Gases um 2,73° bedingt eine Volumensverminderung um 1%. Da grob gerechnet ein Ballon von 70 000 cbm Helium 70 000 kg Auftrieb hat, so kann durch Abkühlen von 70 000 cbm Helium um rund 3° ein Effekt von etwa 700 kg erzielt werden. Da bei mittlerer Beanspruchung der Motoren des Z. R. III der Benzingewichtsverlust pro Stunde 350 kg beträgt, würde eine Abkühlung von ca. 1,5° pro Stunde eine 100 proz. Kompensation bedeuten. Da die Ballastwassergewinnung ihrerseits zeitweise bis 100% beisteuern könnte, wäre damit eine Kompensation im Rahmen von ca. 200% des Benzingewichtes gegeben. Variabel wird das ganze noch durch beliebiges Steigern oder Verringern des Benzinverbrauches unter Veränderung der Fluggeschwindigkeit.

Theoretisch könnte man für die Abkühlung des Füllgases auch von der normalen Temperatur am Startplatz ausgehen. Man müßte jedoch dann die großen Energien, welche die Wärmeentziehung bei derartigen Gasmengen erfordert, mit Bordmitteln aufbringen; und gerade das ist zu vermeiden. Statt dessen ist es zweckmäßiger, die Energien vorher vom Lande zu beziehen: *Vor dem Start wird das Gas elektrisch von einer Landkraftstation beheizt.* Die Abkühlung erfolgt dann automatisch während der Fahrt, nur reguliert durch schwache Bordmittel.

Man hat nun für die Ausführung der Kombination 2 Möglichkeiten, je nachdem, ob man die eine oder die andere Komponente zur Erzielung der wesentlichsten ersten 100% benutzt. Es ist günstig, daß diese beiden Ausführungen den Bedürfnissen gerade jener beiden Typen entgegenkommen, mit denen — wenn überhaupt — zukünftige Luftschiffahrt zu rechnen hat. Das sind erstens das Post- und Handelsluftschiff, zweitens (vereinzelt) das Expeditionsluftschiff.

Die Vorbedingungen für ein Postluftschiff

sind Sicherheit und Rentabilität. Also: Heliumfüllung, ökonomische Verwendung des Heliums, große Nutzlast. Postluftschiffe sind gedacht mit einem genau festgelegten Weg, Fahrplan und bekannter Flugdauer. Auf dieser Basis ist es möglich, die für eine bestimmte Fahrt erforderliche Reduktion des Auftriebes tabellenmäßig festzulegen. Die Anwendung des genannten Prinzips würde in dem Sinne vollzogen, daß diese Reduktion zur Hauptsache durch die Volumenverminderung des vor dem Start erhitzten und während der Fahrt automatisch abkühlenden Traggases erfolgt. Die erwähnte zusätzliche Beschwerung und eine navigatorische Höhenveränderung geschieht dann durch zeitweises Einschalten der Ballastgewinner. Kennt man dann außerdem den empirisch gewonnenen Abkühlungsfaktor, so läßt sich diejenige Starttemperatur genau berechnen, die vor dem Aufstieg mit Hilfe der Landzentrale elektrisch erzeugt werden muß.

[1]) 1 cbm Helium kostet gegenwärtig 3 Dollar, so daß der Betrieb völlig unrentabel ist.

Die Abkühlungsgeschwindigkeit

des erwärmten Traggases wird annähernd proportional der Temperaturdifferenz zwischen Ballon und Außenluft erfolgen. Die jeweilige Ballontemperatur ist also durch eine Exponentialfunktion der Zeit bestimmt von der Form $T = T_1 + (T_0 - T_1)\, e^{-kt}$. Hierin ist T Ballontemperatur, T_0 Starttemperatur des Ballons, T_1 Temperatur der Umgebung, t Zeit.

Die Berechnung setzt die Kenntnis von k voraus, die nur empirisch gegeben werden kann, da sich die herrschenden Bedingungen nicht mit Laboratoriumsmitteln experimentell erfassen lassen.

Die Abkühlungsgeschwindigkeit läßt sich in mannigfaltiger Weise beeinflussen: a) durch die Wahl des Materials der Hülle (unter Berücksichtigung der Durchlässigkeit für Wärmestrahlen und das Wärmeleitungsvermögen; Wärmeisolierung, Farbe, Oberflächenbeschaffenheit). b) durch die Wahl der Starttemperatur; c) durch Erzeugung oder Vermeidung von Konvektionsströmen (im Raume zwischen Außenhaut und Gaszellen oder in den Gaszellen selbst); d) durch zusätzliches Heizen während der Fahrt; e) durch die Form und Größe des Schiffes. (Der Quotient Volumen/Oberfläche wächst mit zunehmender Größe des Ballons.)

Die Heizung

eines solchen Luftschiffes erfolgt durch elektrische Widerstände, z. B. in Form eines zwischen Außenhaut und Gaszellen angebrachten Heizgewebes; dieses läßt sich ausreichend leicht konstruieren. Bei der Berechnung der durch das Heizgewebe bedingten Verringerung der Nutzlast ist ein günstiger Umstand, daß man bei diesem Luftschifftyp auf die Mitnahme von Ballast verzichten kann.

Vor dem Start, während des Startes und nach dem Landen wird die Energie für die Beheizung einer Landzentrale bzw. einem Mutterschiff entnommen.

Das komplizierte „dynamische Hochschleppen" das oft zum Starten angewendet wird, kann vermieden werden, wenn durch ein genügend langes Kabel, das später mit Fallschirm abgeworfen wird, die Verbindung mit der Landzentrale auch während des Aufsteigens, das in diesem Falle senkrecht erfolgt, möglichst lange aufrechterhalten wird. Auch nach dem Landen bedeutet die Möglichkeit der Kabelverbindung eine Verbesserung. Augenblicklich geschieht es häufig, daß das Luftschiff beim Landen in eine warme Bodenschicht der Atmosphäre kommt, oder zuviel Gas abgelassen worden ist, so daß das Schiff unbeweglich vor der Halle liegt. Nur durch umständliches Gasnachfüllen kann dann der Transport in die Halle vor sich gehen. Hier könnte nun in einfacher Weise durch Anschluß an das Kabel der gewünschte Auftrieb für den Transport in die Halle wiederhergestellt werden.

Handelt es sich um eine Zwischenlandung, so kann ebenfalls durch Benutzung des Kabels das erneute Anheizen erfolgen, statt des bisher unvermeidlichen Nachfüllens. Dieser Gesichtspunkt ist von großer Bedeutung bei einer transkontinentalen Postverbindung, da hier die Möglichkeit bestehen muß, beliebig häufig zu landen und vor allem beliebig häufig wieder aufzusteigen.

Physikalisch gesehen wird dem Luftschiff ein neuer Energiespeicher gegeben, indem das geheizte Traggas durch die Vergrößerung der inneren Energie als „Akkumulator" wirkt.

Als Nebenwirkung ergibt sich das betriebstechnisch wichtige Trimmen auf elektrischem Wege[1]), vollzogen durch mäßige zusätzliche Heizung einzelner Gaszellen. Auch das Ausbalanzieren eines Schiffes am Ankermast läßt sich durch den vorhandenen Kabelanschluß leicht erzielen, so daß die Unterschiede der Tag- und Nachttemperatur mit ihren Auswirkungen auf den Auftrieb des Schiffes nicht mehr stören.

Die für die Heizung benötigten Energiemengen.

Für ein Heliumschiff mit rund 44 000 cbm Inhalt würde man zur Erwärmung um 1° C ca. 10 000 Calorien benötigen. Mit einem 1000 PS Landanschluß könnte man also theoretisch pro Minute die Temperatur um 1° erhöhen und eine schnellere Erhitzung durch Vergrößerung der angewandten Mittel bewerkstelligen. 2000 PS ist die Größenordnung der an Bord eines modernen Luftschiffes vorhandenen Motorenkraft, von der während der Fahrt durchschnittlich nur $^3/_5$ (3 Motoren) für die Vorwärtsbewegung in Anspruch genommen werden. Durch zeitweises Verwenden der beiden nichtgebrauchten Motoren zur Erzeugung von Wärme könnte man für zusätzliches Heizen pro Stunde ca. 48° erreichen. Diese Möglichkeit hat viele Vorteile. Störende Mehrbelastungen durch Regen und Schnee lassen sich dadurch beheben. Zu berücksichtigen ist, daß der Verbrauch des für die Heizung benötigten Benzins im Sinne des gewünschten Effektes, nämlich der Steigerung des Auftriebes wirkt. Dieses Benzin ist gleichsam Ballast und kann außerdem auf die — mit der Verminderung des spezifischen Gewichtes hervorgerufene — Vergrößerung des Auftriebes eines geheizten Schiffes verrechnet werden. Das zusätzliche Heizen wird in den vielen Situationen ausgenutzt werden können, in denen bisher ein zu geringer Auftrieb durch Höhensteuerung wettgemacht wurde (dynamische Hubkraft).

Der Typ des Expeditionsschiffes

würde sich von dem beschriebenen Postluftschifftyp auf Kosten der Nutzlast durch stärkere Bordmittel für die Heizung unterscheiden. Im Prinzip müßten hier die Konstruktionen darauf hinauslaufen, die Ballastgewinner in größerem Maße auszunutzen und mit der thermisch bedingten Volumensveränderung nur das navigatorisch erforderliche Plus-Minus zu bewerkstelligen. Diese

[1]) Trimmen = Ausbalancieren, Schrägstellen usw.

Anordnung würde die Vorbedingung für den extremen Langstreckenflug schaffen[1]).

Mit der Anwendung dieses Verfahrens wäre die Grundlage gegeben, für die

Schaffung einer Flotte von Heliumschiffen.

Die Vereinigten Staaten von Nordamerika besaßen zwar vor dem Verlust der Shenandoah zwei große Luftschiffe, doch reichte der Heliumvorrat nur zum Betrieb je eines der beiden Zeppeline aus. Nach Angaben von MOORE werden in den U.S.A. pro Jahr 100 000 cbm Helium gewonnen[1]). Diese wurden bisher zum Nachfüllen verbraucht. Bei Luftschiffen, deren Inhalt man vor dem Start erwärmt, ist für die erste Füllung nur eine Teilfüllung erforderlich; für ein Nennvolumen von 70 000 cbm z. B. 50 000 cbm. Man könnte also mit der jetzigen Heliumproduktion pro Jahr 2 Schiffe des Z. R. III-Volumens füllen. Der eine von uns hat kürzlich in einer Zuschrift an diese Zeitschrift auf die technische Gewinnung von Helium aus Monazitsand und ähnlichen Mineralien hingewiesen[2]). Durch eine, wenn auch kostspielige, Ausbeutung der Heliumvorräte in den reichen Monazitsandvorkommen in Indien, Brasilien und Südafrika, *unter Verarbeitung an den Fundstellen*, könnte z. B. England Helium für die festgeplanten 150 000 cbm-Schiffe der Linie England—Indien produzieren, vor allem, wenn diese Schiffe elektrisch heizbar sind und daher nur eine *einmalige Teilfüllung* benötigen.

[1]) Über die Anwendung des Prinzips auf Wasserstoffschiffe läßt sich sagen, daß zwar theoretisch nichts dagegen spricht, daß aber praktisch das Betriebsrisiko beim zusätzlichen Heizen während der Fahrt groß ist. In dem Raum zwischen Außenhaut und Gaszellen bildet sich beim fahrenden Schiff unter Umständen Knallgas, das leicht durch Funken gezündet werden könnte. Viel eher diskutabel wäre das ausschließliche Anheizen des Schiffes vor der Fahrt, bei dem alle nötigen Vorsichtsmaßregeln getroffen werden können, um Explosionen zu vermeiden.

[1]) R. B. MOORE, Nature **111**, 88. 1923.

[2]) K. PETERS, Naturwissenschaften **35**, 760. 1925.

Besprechungen.

LUCANUS, FRIEDRICH VON, **Das Leben der Vögel.** Berlin: August Scherl G. m. b. H. 1925. 429 S., 19 farb. Tafeln und 136 Textbilder. Preis 24 Goldmark.

Im Jahre 1859 veröffentlichte ALFRED BREHM ein Buch: Das Leben der Vögel. Ein reiches Material hatte er unter den Augen seines Vaters CHRISTIAN LUDWIG BREHM, „des verehrungswürdigen Menschen, Forschers und Priesters" in seiner thüringischen Heimat, hatte er später auf jahrelangen Reisen in Nord-Ost-Afrika, in Spanien und im hohen Norden für dasselbe in sich aufnehmen können. In späteren Jahren pflegte BREHM dieses Werk als das beste zu bezeichnen, das er je geschrieben. In dem Inhalt dieses Buches spiegelt sich BREHMS innerstes Wesen: eine unaussprechliche Liebe zur Welt der Vögel und der glühende Wunsch, allen Freunden der Allmutter Natur das Leben der gefiederten Geschöpfe nahe zu führen und Kenntnis zu geben von der Mannigfaltigkeit ihrer Daseinsfunktionen.

Ein zweites deutsches Buch über das Leben der Vögel schrieb BERNARD ALTUM im Jahre 1861: Der Vogel und sein Leben. ALTUM, der damals noch Geistlicher an der Pfarrei zum heiligen Servatius in Münster war — erst 1869 machte er den Sprung auf die Lehrkanzel der Zoologie in Eberswalde als Nachfolger RATZEBURGS — verfaßte das vorerwähnte Werk, wie man sagt, auf höhere Weisung. Es sollte eine Tendenzschrift gegen den modernen Materialismus sein. Eine reiche Erfahrung spricht aus dieser Arbeit, deren teleologischer Zweck aber unverkennbar ist. Nach den Wünschen der ultramontanen Kreise sollte das Buch der BREHMschen Darstellung einen Damm entgegensetzen.

Nun liegt, nach mehr denn 60jähriger Pause, ein drittes Buch über das Leben der Vögel aus der Feder von FRIEDRICH VON LUCANUS vor. Wie seine beiden Vorgänger soll es in gemeinverständlicher Darstellung weitesten Kreisen die Kenntnis des Vogellebens vermitteln. Während aber BREHM und ALTUM nur die Deutschland bzw. Europa bewohnenden oder diese Gebiete auf dem Zuge berührenden Vögel behandelten, faßt LUCANUS seine Darstellung weit umfassender und zieht auch die Bewohner fremder Erdteile in den Kreis der Betrachtung. Für eine abgeschlossene Darstellung der Biologie der Vögel müssen heute naturgemäß zum Verständnis des inneren Zusammenhanges auch die Lebensgewohnheiten der Tiere anderer Zonen einbezogen werden. Die Fortschritte, die unsere Kenntnis von dem Leben der Tiere, insbesondere der Vögel, in den letzten Dezennien gemacht hat, sind bedeutend und berühren Fragen, die sowohl BREHM wie ALTUM völlig dunkel waren. Wir müssen dem Verf. des vorliegenden Buches danken, daß er uns in einer zusammenfassenden Darstellung das bis heute in der Wissenschaft Erreichte gegeben hat. Die Fülle der gesicherten Ergebnisse unserer biologischen Erkenntnis ist in kritischer Musterung und in notwendiger Beschränkung des Umfanges des Buches zu einem einheitlichen Bilde des Lebens der Vögel vereinigt worden. Wenn sich auch das Werk durch seine Darstellung vornehmlich an die größeren Kreise der Gebildeten wendet, so findet doch auch der Fachmann darin die Anregung, manchen offenen Fragen der Biologie, die noch immer der Lösung harren, nachzugehen. FRIEDRICH VON LUCANUS war berufen, ein solches Buch zu schreiben. Von Jugend auf mit der Beobachtung der Vögel im Freien vertraut und begabt mit der Fähigkeit, das Leben der gekäfigten Tiere psychologisch zu erfassen, besitzt er auch eine umfangreiche Kenntnis der neueren Literatur.

Nach einer kurzen Darstellung der stammesgeschichtlichen Entwicklung der Vögel werden Bau und Ausrüstung des Körpers, Gefieder, Ei und Entwicklung, Stimme und Gesang, Liebesleben und Fortpflanzung — manches Neue über das Leben des Kuckucks vielleicht anfechtbar — Seelenleben und geistige Fähigkeiten, Zug und Wanderung und die Verbreitung der Vögel auf der Erde behandelt. Alle Ausführungen stehen auf dem Boden neuester Forschung. Die Abschnitte des Buches über den Zug und über die Psychologie enthalten wertvolle und langjährige Eigenbeobachtungen des Verf. Die Beurteilung des seelischen Verhaltens der Vögel war in früheren Jahrzehnten ein Gegenstand heftigster Kontroverse. BREHM betrachtete den Vogel als ein

selbsttätiges, hochorganisiertes geistiges Wesen, dem nur die Sprache fehlte, um mit dem Menschen sich auf eine Stufe zu stellen. ALTUM sah dagegen in ihm nur eine seelenlose Reflexmaschine. Beide Anschauungen lassen sich, wie LUCANUS ausführt, bei eingehender Prüfung der geistigen Fähigkeiten der Vögel nicht vertreten. Nach des Genannten Urteil bewegt sich das Seelenleben des Vogels nur im Rahmen angeborener Triebe und der Assoziation, die an Erlebnisse anknüpfen. Der Vogel kann Ursache und Wirkung nicht erkennen und unterscheiden. Dem Geistesleben des Vogels fehlt die Fähigkeit des logischen Denkens, Schlüsse zu ziehen und Begriffe zu bilden.

Das vorliegende Buch von LUCANUS gibt uns ein ausgezeichnetes Bild der Biologie der Vögel nach unserer heutigen Erkenntnis des Gegenstandes und zeigt uns die Lücken, die noch zu füllen sind. Es präsentiert sich in ausgezeichnetem Gewande. Die von ERICH SCHRÖDER gefertigten farbigen Tafeln und schwarzen Zeichnungen sowie die mit großer Sorgfalt gewählten Widergaben photographischer Aufnahmen sind ihm Schmuck und Empfehlung.

HERMAN SCHALOW †, Berlin.

ROMEIS, B., **Taschenbuch der mikroskopischen Technik.** (11. neubearbeitete und erweiterte Auflage des Taschenb. der mikr. Technik von A. H. BÖHM und A. OPPEL.) München und Berlin: R. Oldenbourg 1924. 568 S. Preis 8,50 Goldmark.

Im Vergleich zu den vorangegangenen um ca. 100 Seiten vermehrt, trägt auch diese Auflage durchweg den Stempel eigener ausgedehnter Erfahrung des Verfassers. Schon jetzt dürfte das Buch dadurch den meisten anderen auf diesem Gebiete überlegen sein; trotz der Fülle des Materials beschränken sich die Anweisungen nicht nur auf die groben Umrisse des jeweiligen Verfahrens, sondern enthalten so manchen kleinen Kunstgriff wie auch Mittel zum Erkennen und Vermeiden der häufigsten Fehlerquellen. Nur der Abschnitt, der von cytologischen Methoden handelt, scheint dem Referenten manches zu wünschen übrig zu lassen. Die Beurteilung der Methoden und ihrer Resultate erscheint vielfach zu sehr an einem Standpunkt orientiert zu sein, der — obwohl von vielen Histologen noch vertreten — durch die Ergebnisse der Lebendbeobachtung und experimentellen Cytologie wohl in vielem überholt sein dürfte. Ähnliches gilt von einem Teil des embryologischen Abschnittes (Eireifung und Befruchtung). Eine Erweiterung und Neuorientierung dieser Abschnitte könnte wohl im Verein mit einer kleinen Verlegung des Schwerpunktes (des ganzen Buches) vom Menschlich-Histologischen ins Allgemein-Zoologische dem Werke die weite Verbreitung sichern, die es schon jetzt verdient. Der hierfür nötige Raum könnte vielleicht durch Kürzung (oder Streichung) des Abschnittes „Gewebekultur" gewonnen werden, der bei dem Umfang des Gebietes und der Subtilität der Methoden ein Zurateziehen von speziell dieser Technik gewidmeten Kompendien auch für elementare Einarbeit nicht überflüssig machen dürfte.

KARL BĚLAŘ, Berlin-Dahlem.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und die vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Bemerkung zur Theorie der Zweistoffkatalysatoren.

Die seit langem bekannten Tatsachen der heterogenen Katalyse erscheinen im Rahmen der neueren Physik[1]) verständlich und ihre genauere Klarstellung dem Experiment zugänglich[2]). Die industrielle Technik, die gerade auf diesem Gebiet überraschende Erfolge erzielte, hat aber neuerdings einen Komplex von Erfahrungen zu Tage gefördert, dem zu einem großen Teil die physikalisch-chemische Forschung noch jetzt ratlos gegenübersteht.

In den Auslandspatenten der Badischen Anilin- und Sodafabrik zum Haber-Bosch-Verfahren wurde zum erstenmal (1913) von der Tatsache Gebrauch gemacht, daß Beimengung gewisser Stoffe zu an sich schon guten Katalysatoren die Wirksamkeit derselben noch um ein Vielfaches steigern kann. Derartige „Promotoren" sind als Zusätze zu Eisen oder Nickel, z. B. Al_2O_3, Cr_2O 3, V_2O 5 u. a. m.

Während des Krieges hat in Amerika das Bedürfnis nach geeigneten Gasschutzmasken zur Auffindung von Katalysatorgemischen geführt, mit deren Hilfe die Verbrennung von Kohlenoxyd durch den Luftsauerstoff bei gewöhnlicher Temperatur erreichbar ist. Hierzu bewährte sich ein „Hopkalith" genanntes Gemenge von 40% CuO und 60% MnO_2[3]).

Für organische Synthesen brauchbare Promotorrezepte sind zahlreich in der Patentliteratur der letzten 10 Jahre zu finden.

In speziellen Fällen scheint eine Erklärung des Promotoreffektes allerdings geglückt zu sein. So glauben ARMSTRONG und HILDITCH[4]) bei der Darstellung von Methan aus Kohlenoxyd und Wasserstoff die Ursache für die Reaktionsbeschleunigung durch Zugabe verschiedener Oxyde zu Nickel oder Nickeloxyd darin zu erkennen, daß die voluminöse Struktur dieser Beimengungen ein Zusammensintern des Katalysatorpulvers und damit eine Verkleinerung seiner Oberfläche verhindert. Diese Erklärung versagt aber in den Fällen, in denen wie bei den Gasmasken die Temperatur weit unterhalb des Schmelzpunktes der Katalysatorsubstanzen bleibt.

LANGMUIR[5]) hat zuerst die Berührungsstellen zweier festen Phasen als Zonen erhöhter katalytischer Aktivität für die Beschleunigung heterogener Reaktionen verantwortlich zu machen gesucht. Im Falle der Zweistoffkatalysatoren sind aber die sich berührenden festen Phasen allenfalls nur intermediär an der Reaktion beteiligt. Wenn nun auch die katalytische Wirksamkeit der Dreiphasengrenzen als solche eine Erklärung finden sollte, es bliebe noch folgendes Bedenken zu beheben. Fragt man, welcher Bruchteil der Gesamtoberfläche in einem relativ grobkörnigen Pulvergemenge auf die Berührungspunkte, günstigstenfalls auf die Berührungslinien der festen Phasen entfällt, so wird man zweifeln müssen, ob die auf diese Zonen aus dem Gasraum einfallenden Moleküle der Ausgangsstoffe zahlreich genug sind, um die beobachtete Vervielfachung der katalytischen Wirkung zu gewährleisten.

[1]) Vgl. M. POLANYI, Zeitschr. f. Elektrochem. **27**, 143. 1921.

[2]) Vgl. J. LANGMUIR, Journ. of the Americ. chem. soc. 1916—1922.

[3]) Vgl. H. S. TAYLOR, Journ. Phys. Chem. **28**, 897. 1924.

[4]) ARMSTRONG und HILDITCH, Proc. of the roy. soc. **104**, 586. 1923.

Aus dieser Verlegenheit scheint nun die Erweiterung unserer Kenntnisse von den Eigenschaften der Adsorptionsschichten, die den neueren Arbeiten von M. VOLMER[5]) und seiner Schüler zu verdanken ist, einen Ausweg zu bieten.

Hiernach sind adsorbierte Moleküle auf ihrer Unterlage nicht, wie LANGMUIR glaubte, an bestimmten „empfindlichen" Punkten fixiert oder, wie FRENKEL[6]) annahm, lediglich zu Schwingungen um gewisse Adsorptionszentren befähigt, sondern befinden sich während ihres Verweilens in der Grenzschicht unter mehr oder weniger schnellem Platzwechsel in einer zweidimensionalen Wärmebewegung.

Diese translatorische Beweglichkeit, deren Bedeutung für den Reaktionsmechanismus an Einstoffkatalysatoren noch nicht im einzelnen überblickt werden kann, ist offenbar im Falle der Dreiphasengrenzen geeignet, den Mangel an Oberfläche durch Zu- und Abdiffusion der Reaktionsteilnehmer längs der freien Katalysatorflächen wettzumachen.

Übrigens ist es vielleicht gar nicht in allen Fällen nötig, den Dreiphasengrenzen eine erhöhte katalytische Aktivität zuzuschreiben. Es könnte vorkommen, daß jede Komponente des Katalysatorgemenges vorwiegend eine Molekülgattung des Reaktionsgemisches adsorbiert, so daß an den Berührungspunkten die Stoßzahl zwischen den Ausgangsstoffen im Vergleich zu den innerhalb der Katalysatorflächen allein erfolgenden Zusammenstößen erhöht wird. Natürlich würde sich auch dann für die Gegenreaktion eine entsprechende Reaktionsbeschleunigung ergeben.

Als Beispiel einer ähnlichen Reaktionsbeschleunigung, welche ohne die Wärmebewegung innerhalb der Adsorptionsschicht unverständlich wäre, sei das schnelle Wachstum von Krystallen aus dem Dampfzustand angeführt, wobei nach VOLMER und ESTERMANN[7]) die Zahl der auffallenden Atome etwa 1000 mal kleiner, ist als dem Zuwachs in der betreffenden Richtung entspricht.

Näheren Aufschluß können nur neue Versuche erbringen.

Berlin, den 15. Januar 1926. H. CASSEL.

Erregung von Resonanz in Neon durch Linien aus dem sichtbaren Neon-Spektrum.

Im Anschluß an die Experimente von DORGELO[8]) und MEISSNER[9]) über Absorption in Neon, sollte man erwarten, daß die dem einfallenden Primärstrahl entnommene Energie in der Form von Resonanzlicht wieder ausgestrahlt wird [man vergleiche die von PASCHEN[1]) an Helium beobachtete Resonanzerscheinung].

Auf folgende Weise gelang es mir, das Resonanzlicht in Neon sichtbar zu machen. Eine 1 mm weite, mit Neon gefüllte Geisslerröhre (*a b*) (schwer überbelastet, 20—100 mA/mm²) wurde durch eine Linse in der Weise abgebildet, daß das Bild (*a'b'*) im innern einer Entladungsröhre (Glimmlampe) geformt wurde. Wurde das Auge in die Linie *a'b'* gebracht, so war eine rote Lichtspur deutlich sichtbar. Im Spektroskop zeigte das Licht die Linien am stärksten, die nach DORGELO und MEISSNER stark absorbiert werden: 6402 ($2s_5 - 2p_9$); 6334 ($2s_5 - 2p_8$); 6143 ($2s_5 - 2p_6$); 6506 ($2s_4 - 2p_5$).

In Analogie zu den Versuchen von STRUTT[2]), FÜCHTBAUER[2]) und WOOD[4]) soll man außer den Absorptionslinien auch die Linien erwarten, die durch Rückfall von den erreichten $2p$-Niveaus nach den nicht metastabilen $2s$-Niveaus entstehen.

Auch in einer geschichteten Säule mit ruhenden Schichten wurde das Resonanzlicht beobachtet. Hier zeigte sich ein deutlicher Intensitätsunterschied an verschiedenen Stellen der Entladungsröhre, was zweifellos auf eine Veränderung der Konzentration der metastabilen Atome von Stelle zu Stelle hinweist.

In schöner Weise ließ sich die Resonanzerscheinung beobachten in einem Rohr, das zum Studium der Anregung von Spektrallinien durch Elektronenstoß nach HERTZ[3]), geeignet ist. Hier konnte man eine derartige Spannung anlegen, das wohl die $2s$-, nicht aber die $2p$-Zustände angeregt wurden. Der Beobachtungsraum war dann vollkommen dunkel. Sobald aber das Geisslerrohr angezündet wurde, trat die rote Lichtspur deutlich sichtbar auf.

Die Spannungen, wobei das Leuchten durch Elektronenstoß resp. durch Resonanz aufhielt, unterschieden sich um 1,6 Volt; die Niveaudistanz $2s_5 - 2p_{10}$ ist 1,7 Volt.

Endlich wurde noch das Licht der Geisslerrohre in ein Spektrum ausgebreitet. Dann wurden nebeneinander 2 Spuren sichtbar wovon, die erste (rot) von 6402, die andere (orange) zweifellos von 6143 herrührt.

Das durch 6143 ($2s_5 - 2p_6$) angeregte Licht sollte außer dieser Linie auch die Linien 6929 ($2s_3 - 2p_6$) und 6304 ($2s_4 - 2p_6$) enthalten. Es gelang mir noch nicht, das letzte zu bestätigen, wenigstens nicht bei monochromatischer Erregung. Wohl zeigten langfristige Aufnahmen des Spektrums die s_2-Kombinationen ebenso gut wie die s_3-, s_4- und s_5-Kombinationen. Eine quantitative Untersuchung der Intensitätsverhältnisse nach der photographischen Methode ist im Gange.

Eindhoven, den 9. Dezember 1925. W. DE GROOT.

[5]) M. VOLMER und G. ADHIKARI, Zeitschr. f. Phys. **35**, 170. 1925; und Zeitschr. f. phys. Chem. erscheint demnächst; M. VOLMER und J. ESTERMANN, Zeitschr. f. Phys. **7**, 13. 1921.

[6]) J. FRENKEL, Zeitschr. f. Phys. **26**, 117. 1924.

[7]) M. VOLMER und J. ESTERMANN loc. cit.

[8]) Zeitschr. f. Phys. **34**, 766. 1925; Naturwissenschaften **13**, 819. 1925.

[9]) Physikal. Zeitschr. **26**, 687. 1925.

[1]) Ann. d. Phys. **45**, 625. 1914.

[2]) Proc. of the roy. Soc. A **96**, 272. 1919.

[3]) Phys. Zeitschr. **21**, 635. 1920.

[4]) Philosoph. mag. **50**, 774. 1925.

[5]) Zeitschr. f. Phys. **22**, 18. 1924; **31**, 470. 1925.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Die Sitzung am 7. November 1925 gestaltete sich zu einer Gedenkfeier für die kürzlich verstorbenen Professoren SCHWEINFURTH und MERZ.

Der Vorsitzende, Professor L. DIELS (Berlin-Dahlem), gedachte in warmen Worten des vor kurzem im 89. Lebensjahr verstorbenen **Georg Schweinfurth**, dessen Werdegang und Leistungen zwar bei seinem Ableben bereits vielerorts gewürdigt worden sind, aus dessen Beziehungen zu Berlin der Redner aber wenig bekannte Einzelheiten mitteilen konnte. Als 24jähriger kam SCHWEINFURTH hierher, wo er sich eng an den Botaniker PAUL ASCHERSON anschloß, der zeitlebens einer der eifrigsten Erforscher unserer einheimischen Flora gewesen ist. Dieser Freundschaft ist es wohl auch zuzuschreiben, daß SCHWEINFURTH die Botanik zum Hauptarbeitsgebiet wählte. Seine erste Veröffentlichung

beschäftigte sich mit der Pflanzenwelt des jedem Berliner bekannten Blumental bei Straußberg, von dem er eine pflanzengeographische Karte entwarf.

Das Interesse für Afrika war schon in früher Jugend vorhanden, denn erst 19jährig hatte SCHWEINFURTH bereits eine Karte Ägyptens gezeichnet, jenes Landes, dessen Erforschung für immer mit seinem Namen verknüpft bleibt. Aber die Möglichkeit, afrikanischen Boden zu betreten, verdankt er seiner Bekanntschaft mit dem berühmten Afrika-Reisenden HEINRICH BARTH, der damals Vorsitzender der Gesellschaft für Erdkunde war. Die Veröffentlichungen der Gesellschaft enthalten aus SCHWEINFURTHS Feder zahlreiche wertvolle Beiträge, die über ihre fachwissenschaftliche Bedeutung hinaus vielfach Probleme der Kulturgeschichte behandeln, zu denen der Forscher durch seine Studien über psychische Verbindungen zwischen Menschen und Pflanzen geführt wurde.

Einen eindrucksvollen Nachruf widmete Geheimrat A. PENCK (Berlin) dem Direktor des Berliner Institutes und Museums für Meereskunde, Professor **Alfred Merz**, der in der Blüte seines Lebens auf voller Höhe des Schaffens stehend, als Leiter der Deutschen Atlantischen Expedition in Buenos-Aires einer Lungenentzündung erlag. Schon als Student wurde er zu den ozeanographischen Untersuchungen im Golfe von Triest herangezogen, die man damals in Wien betrieb. Während seines ganzen Studienganges zeichnete er sich durch hervorragende Leistungen aus und konnte deswegen in Österreich „sub auspiciis imperatoris" zum Doktor promoviert werden. Er wurde daraufhin an der K. Fideikommißbibliothek in Wien angestellt. 1910 an das Berliner Institut für Meereskunde als Abteilungsvorsteher berufen, studierte er meereskundliche Phänomene im kleinen im Sacrower See bei Potsdam und rief Untersuchungen auf den Feuerschiffen der Nordsee ins Leben, die wichtige Aufschlüsse über die Gezeitenbewegungen gaben. 1912—1918 wirkte er als Herausgeber der Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin, deren Vorstand er später angehörte. Während des Krieges entwarf er für die Marineleitung Karten über den Gang der Gezeiten, die für den Minen- und Unterseebootkrieg von großer Bedeutung wurden, und erforschte ferner die Strömungen in Bosporus und Dardanellen. MERZ' ozeanographische Untersuchungen führten ihn bereits 1911 zur Erkenntnis, daß die Wasserzirkulation im Ozean nur durch systematische Forschungen festgestellt werden könnten, und er trat wiederholt für Entsendung einer deutschen ozeanographischen Expedition ein. Die Deutsche Atlantische Expedition des „Meteor" ist im wesentlichen auf sein Betreiben zustande gekommen. MERZ war weiter die Seele der Volkshochschule Groß-Berlins, der er die Ziele stellte.

In der Fachsitzung am 16. November 1925 hielt Dr. ALBERT HERRMANN (Berlin) einen Vortrag mit Lichtbildern **Neue Forschungen über das homerische Griechenland und die Irrfahrt des Odysseus.** Der Wert der homerischen Dichtungen für die Erdkunde beruht im wesentlichen darauf, daß wir in der Ilias und der Odyssee die geographischen Anschauungen der ältesten Zeit wiederfinden. Aber die Ansichten über die Entstehungszeit dieser Epen sind sehr verschieden, und ebenso mannigfaltig sind die Auffassungen über die Entstehungsart beider Dichtungen. Im allgemeinen pflegt man anzunehmen, daß Homer im 8. bis 7. Jahrhundert vor Christi Geburt gelebt habe. Einer früheren Datierung stand die Ansicht entgegen, daß die Griechen vorher keine Schrift besaßen. Wir müssen aber damit rechnen, daß schon vor dem Jahre 800 griechische Dichtungen in einer Bilderschrift vorhanden waren. Die vor anderthalb Jahren erfolgte Entzifferung hethitischer Inschriften durch den Berliner Privatdozenten Dr. E. FORRER hat den Sieg der historischen Deutung jener homerischen Dichtungen über die mythologische entschieden. Die von Erathostenes berechnete Datierung der Zerstörung Trojas auf das Jahr 1184 vor Christi Geburt gewinnt an Wahrscheinlichkeit.

Der Vortr. wandte unter Vorführung zahlreicher Karten zum erstenmal die geographische Betrachtungsweise auf die Erklärung der Ilias und der Odyssee an, nachdem die philologische Methode versagt hat.

Wenn sich die Ausführungen des Vortr. auch vornehmlich auf historischem Gebiet bewegten, so enthielten seine Darlegungen doch manche naturwissenschaftlichen Einzelheiten, die sich besonders auf die Deutung der Irrfahrten des Odysseus und die Identifizierung der in der Odyssee genannten geographischen Örtlichkeiten beziehen. Zu berücksichtigen ist dabei, daß jenes Epos, ebenso wie die Ilias, viele Zusätze und Entstellungen durch spätere Redaktionen erhalten hat, so daß der historische Kern erst mühsam herausgeschält werden mußte.

Aus dem ältesten, von einem Zeitgenossen des Odysseus herrührenden Gedicht ergibt sich, daß der Held beim Kap Maleia, der östlichsten Südspitze des Peloponnes, durch Fallwinde erst südwärts abgetrieben und dann nach Westen verschlagen wurde. Da in dieser Richtung das Land der Zyklopen gesucht werden muß, so kommt nur der südliche Teil der tunesischen Ostküste in Betracht, weil sich hier in den Kalkhängen alte Höhlenwohnungen finden, vor deren Eingang eine Mauer aus Feldsteinen zur Beherbergung des Viehes gebaut war, genau so, wie es in der Odyssee beschrieben wird.

Die Identifizierung der nächsten Station, der Insel Trinakria, das heißt Dreizinkeninsel, mit der pelagischen Insel Lampione wird dadurch gesichert, daß dieses mauerartig emporsteigende Eiland dreieckig ist und durch alte Bauwerke — nach dem Periplus des Skylax durch 3 Türme — gekrönt wird.

Auf den benachbarten Inseln Lampedusa und Linosa, dem Aithusa des Ptolemäus, kann wegen der Vegetationsarmut und wohl auch wegen der Ungunst des Klimas in historischer Zeit nur mit Mühe Rinderzucht aufrechterhalten werden. So ist das Verbot verständlich, die von den Nymphen Lampetia (auf Lampedusa) und Phaetusa (auf Aithusa) behüteten Rinder des Sonnengottes zu schlachten.

Die Weiterfahrt heimwärts fiel schon in den Herbst, und die Zertrümmerung des Schiffes durch einen Wirbelsturm erfolgte offenbar westlich von Malta, wo auch heute die Novemberstürme gefürchtet werden.

Die Phäaken, zu denen Odysseus sich auf einem Wrackteil seines Schiffes rettete, werden als Nachbarn der Zyklopen bezeichnet, wohnten also ebenfalls in Tunis. Da von einer klippenreichen Küste die Rede ist, so muß es sich um den nördlichen Teil der Ostküste handeln, weil der Strand sonst überall flach und sandig ist. Der beste Hafen an jener Steilküste ist heute Kelibia, unmittelbar bei der griechisch-römischen Kolonie Aspis oder Clypea (d. h. Schildstadt, benannt nach dem dominierenden schildförmigen Berge); nach libyscher Tradition herrschte hier vor Gründung Carthagos ein libyscher Seekönig Antaios. Das war die Stadt der Phäaken, genauer Phaiekes, der Zauekes des Herodot.

Über die Heimfahrt des Odysseus, deren Dauer der Vortr. nur auf 2—3 Monate schätzt, erfahren wir nichts,

da das älteste Gedicht bereits nach den Abschiedsworten des Odysseus an das Herrscherhaus abbricht.

Das zweite, im ionischen Kleinasien um 800 entstandene Gedicht schiebt zwischen dem Besuch der Zyklopen und Trinakria eine Irrfahrt ins Schwarze Meer ein, das inzwischen durch eine Argonautensage in den Vordergrund des Interesses getreten ist. Die Verbindung stellt ein vermeintliches Meer nördlich von Griechenland her.

Das Land der menschenfressenden Lästrygonen, dessen Beschreibung auf einen Bericht eines Pontusfahrers zurückgehen muß, kann nur die Krim sein. Es ist klimatisch das günstigste Land, mit ähnlicher Vegetation wie die Ägäis, dazu mit einem getreidereichen Hinterland (Ukraina); sodann paßt die Beschreibung der schmalen, gegen Winde geschützten Bucht, wie bereits der baltische Gelehrte v. Baer erkannt hat, nur auf diejenige von Balaklawa, wo noch zu Herodots Zeiten die seeräubernden Taurier die gefangenen Griechen ihrer Göttin opferten und dadurch großen Schrecken verbreiteten. Die Angabe über ein hohes Gebirge und über die ganz kurzen Nächte der Lästrygonen scheint aus einer Erdkarte entlehnt zu sein, nach der — wie auch auf späteren Karten — während der Nacht die Sonne hinter einem Nordgebirge, den Rhipäen, verschwindet, um nur das äußerste Nordvolk zu bescheinen.

Die Irrfelsen mit Skylla und Charybdis hat man bereits in den kleinen, schwer umbrandeten Felseninseln am Nordostausgang des Bosporus wiedererkannt.

Der dritte Dichter, Homer auf Chios, um 700 vor Christi, bringt das Motiv des Poseidonzornes hinein, schiebt somit die Unterweltsszene und den Aufenthalt bei der Nymphe Kalypso ein. Beides sind Produkte dichterischer Phantasie. Für die in südländischer Pracht glänzende Insel der Kalypso bildet wohl eine der kleinen Inseln bei Chios das Vorbild.

Die vielerörterte „Finsternis der Kimmerier" weist nicht auf die Nordpolargegenden, sondern ist bloß gelehrte Konstruktion; sie beruht auf einer babylonisch-griechischen Erdkarte, in der die Erde gewölbt erscheint, so daß die Sonnenstrahlen dort den äußersten Norden niemals bestrahlen können.

Eine bedeutende Erweiterung erfuhr das Gedicht — besonders in den Teilen über die Heimkehr und Rache des Odysseus — schließlich in Athen unter Pisistratus (550—520 vor Christus). Hierzu hat vor allem die Eingliederung eines gleichfalls unter Pisistratus entstandenen Telemachgedichtes beigetragen, in welchem Telemach, eine Erfindung dieses Dichters, nach Pylos und Sparta fährt, um nach seinem verschollenen Vater zu forschen. Daß diese hübsche Novelle ursprünglich mit unserer Odyssee nichts zu tun hat, geht vor allem aus zwei Angaben hervor. Einmal verlegt das Telemachgedicht die Reise auf eine Zeit 8 Jahre nach der Zerstörung Trojas, also nicht 10 Jahre, wie es die Odyssee will, und ferner erfolgte die Fahrt in einer günstigen Jahreszeit, während nach unserer Odyssee Vater und Sohn gleichzeitig im Spätherbst heimkehrten, in dem man die Schiffahrt wegen der gefährlichen Stürme einzustellen pflegte.

Am 5. Dezember 1925 schilderte Geheimrat Erich von Drygalski (München) unter Vorführung von Lichtbildern die **Natur der Polarwelt**, insbesondere der Antarktis, die er als Leiter der Deutschen Südpolar-Expedition auf dem Schiff „Gauß" in den Jahren 1901 bis 1903 erforscht hat. Das Expeditionswerk umfaßt 20 Bände sowie 2 Atlanten und wird in Kürze vollständig vorliegen.

Das einzige feste Land, das die Expedition entdeckte, war der, unter dem Südpolarkreis in 90° östlicher Länge gelegene Gaußberg, ein 370 m hoher, basaltischer Dom, der sich, wie Funde von krystallinem Schwefel zeigen, zuletzt im Stadium der Solfatarentätigkeit befunden haben muß, die aber vermutlich schon in der Tertiärzeit erlosch. Er bildet das Südende einer vulkanischen Zone, die im Indischen Ozean durch Inseln vulkanischer Natur angezeigt wird. Es scheint hier in der Antarktis, die eine in den frühesten Erdperioden entstandene Scholle darstellt, eine vulkanische Spalte aufgerissen zu sein. Der südindische Teil des Festlandes darf als permanentester unter den Kontinenten betrachtet werden; er ist ein uraltes, seit langen Erdperioden abgetragenes Land, dessen unter der Inlandeisbedeckung verborgene Felsen man sich ähnlich vorstellen muß wie die Landschaften der alten Rumpfflächen von Skandinavien, Finnland und Kanada. Das Inlandeis wirkt auch jetzt noch in diesem verebnenden Sinne, und ältere Eiszeiten mögen der heutigen vorausgegangen sein. Andererseits aber hat die Antarktis wärmere Zeiten gesehen, in der rinnendes Wasser erodieren und abtragen konnte. Die abradierende Kraft des Inlandeises wirkt flächenhaft, nicht in Strömungslinien wie bei Talgletschern des alpinen Typus. In den Felsformen der Antarktis finden wir das Endziel aller abtragenden Kräfte der Erde in weitgehendem Maße erreicht. Es entsteht der Eindruck von dem Ende der Erdentwicklung in vollem Umfange, und die lebensfeindliche, alles unter sich begrabende Masse des Inlandeises bringt den Eindruck des Todes zur Vollendung. Das Inlandeis bleibt selbst im Sommer starr, ohne wesentliche Schmelzerscheinungen zu zeigen, und es fehlen daher die reißenden Bäche, die in den warmen Jahreszeiten die Oberfläche des grönländischen Inlandeises durchfurchen. Auch jene Kryokonitlöcher, die sich dadurch bilden, daß der durch die Sonnenstrahlung erwärmte Staub der Küstenfelsen in das Eis einschmilzt und dessen Oberfläche siebartig durchlöchert, fehlen am Gaußberg fast ganz.

Die Durchkältung der Eismassen im Winter ist so intensiv, daß in den beiden Hochsommermonaten Dezember und Januar die Lufttemperatur nur an 9 Tagen den Gefrierpunkt überstieg und an einem einzigen, dem 11. Januar 1902, 24 Stunden lang über 0° blieb. Dieser Mangel an Schmelztemperaturen hat zur Folge, daß die strömende Bewegung des Inlandeises nach der Küste hin überaus gering ist. Sie betrug im Maximum 0,4 m pro Tag, während der Vortr. in Grönland Strömungsgeschwindigkeiten bis zu 22 m pro Tag messen konnte. 30 m tief im Innern eines Eisberges herrschte eine konstante Temperatur von — 10,4 bei einer mittleren Lufttemperatur von — 11,5. Diese höhere Eistemperatur ist darauf zurückzuführen, daß der Eisberg mit dem größeren Teil seiner Masse in das wärmere Wasser des Ozeans eintaucht.

Die Struktur des Eises ist weniger dicht und die Farbe weniger blau als z. B. bei den Alpengletschern. Da ein Verkitten der Hohlräume durch wiedergefrierendes Schmelzwasser nicht in Frage kommt, so ist die Beschaffenheit porös, und es entstehen Löcher und Spalten, die viele Jahre alt werden. Die aktive strömende Bewegung ist auf die unteren Lagen beschränkt; die oberen werden nur passiv mitgetragen und zerbrechen dabei.

In Grönland bedeutet die Lostrennung eines großen Eisberges von der zusammenhängenden, schwimmenden Inlandeismasse immer eine gewaltige Naturkatastrophe, der mancher Eskimo zum Opfer gefallen ist. Muß der Seehundfänger in seinem zerbrechlichen

Kajak eine solche aus dem Meere steil aufragende Eismauer passieren, so beschwört er die auf dem Inlandeise hausenden bösen Geister mit der Bitte „ajungilatit" (Sei gut!). In der Antarktis dagegen konnte man ohne jede Gefahr in voller Ruhe dicht vor dem Eisrand arbeiten, loten und fischen, weil die Lostrennung von Eisbergen (sog. „Kalbung") hier in jahre- oder jahrzehntelangen Zwischenräumen erfolgt, anstatt innerhalb weniger Tage oder Wochen wie in Grönland.

In den bisher veröffentlichten zoologischen Bänden des Expeditionswerkes sind 3046 Arten beschrieben worden, darunter nicht weniger als 1110 neue. Aber der Rand des Inlandeises zieht auch dem Tier- und Pflanzenleben eine unübersteigliche Grenze. Auf den Felsen des Gaußberges wurden nur *ein* Moos und wenige Flechten gefunden. In ihnen lebten 2 Rhizopoden, 4 Rotiferen und eine Tardigrade, jedoch keine Insekten und keine Milben. In den Lavahöhlen nistete Pagodroma nivea, ein blendend weißer Sturmvogel, von dem nur die schwarzen Augen und der schwarze Schnabel sichtbar sind, wenn er über die Eisflächen huscht, sowie die kleine schwarze Sturmschwalbe Ozeanites, der Petersvogel, den man auch in allen Ozeanen hinter dem Schiffe auf dem Wasser herlaufen sieht. Pagodroma lebt von kleinen leuchtenden Krebsen, die sie sich zur Nachtzeit in dem Eisbrei sucht, der an den Schollenrändern ausgepreßt wird.

Im Meere aber herrscht schon am Inlandeisrand ein reiches Leben. An schönen Tagen kommen die Robben heraus und sonnen sich mit ihren Jungen, die sie im Oktober werfen. Die großen Kaiserpinguine kamen das ganze Jahr hindurch in Scharen bis zu 200 Stück in gravitätischem Gange zum Schiff, aber nicht bis zum Inlandeis. Eigentliche Meeresorganismen gibt es in Fülle. 10 Arten Fische, darunter 5 unbekannte, wurden an der Winterstation gefunden. Die Bodenregionen waren von Unmengen großer und kleiner Flohkrebse (Amphipoden) belebt, denen Robben und Pinguine zum Skelettieren anvertraut wurden, eine Arbeit, die sie innerhalb 24 Stunden vollständig und in feinster Ausführung besorgten. Die kleinste Organismenwelt des Plankton zeigte eine außerordentliche Empfindlichkeit gegen jahreszeitliche Schwankungen, und ihre plötzliche Entwicklung gab bereits Kunde von dem Herannahen des Sommers, lange bevor Temperatur und Salzgehalt des Meerwassers dies erkennen ließen.

Noch geheimnisvoller als das Leben unter dem Eise ist in der Antarktis das Walten der erdmagnetischen Kräfte. Am südlichen Magnetpol nimmt die frei aufgehängte Magnetnadel eine vertikale Stellung ein; die horizontale Komponente der Richtkraft des Erdmagnetismus ist dort gleich Null. Aber auch in der weiteren Umgebung jenes Punktes ist die Horizontalkraft nur schwach und unterliegt, ebenso wie die anderen magnetischen Elemente, großen Schwankungen, die im allgemeinen bei Tage und im Sommer größer sind als nachts und im Winter. Daneben treten magnetische Stürme auf, welche die Magnetnadeln der in den Höhlungen eines Eisberges untergebrachten magnetischen Instrumente zu gewaltigen Ausschlägen veranlassen. Mit solchen großen magnetischen Störungen sind häufig Polarlichterscheinungen verbunden, welche die verschiedensten Formen zeigen, aufschießende Strahlen, hin- und herwallende Lichtgarben, irisfarbene leuchtende Bänder oder die flammende Polarlichtkrone, bei welcher die Strahlen vom magnetischen Zenit ringsum bis zum Horizont hinabreichen, so daß sich der Beobachter in einen leuchtenden Dom von herrlicher Farbenpracht versetzt sieht. Diese Erscheinungen wirken besonders eindrucksvoll auf das Gemüt, und man spürt in der Todesstarre der Eiswelt das Wirken verborgener Gewalten.

Bei starkem Wind ist die Luft bis in die bodennahen Schichten hinab mit feinem Eisstaub erfüllt, und die sonst in hohen Eiswolken häufig vorkommenden, durch Lichtbrechung an den Eiskrystallen entstehenden farbigen Nebensonnen, Nebenmonde, Ringe und Lichthöfe und andere optische Erscheinungen sieht man unten auf den Eisfeldern liegen. Durch das Herabsinken kalter Luft aus großen Höhen entstand häufig eine relativ warme und trockene föhnartige Luftströmung, die als kleidertrocknendes Agens angenehm empfunden wurde. Die Windverhältnisse wurden von den Luftdruckdepressionen beherrscht, die in ziemlich regelmäßiger Aufeinanderfolge das freie Südmeer in der Gegend des 62. Breitengrades von Westen nach Osten durchziehen. Der Südpolarkontinent verbleibt meist südlich, der Kerguelen-Archipel, auf dem eine Nebenstation der Deutschen Südpolarexpedition eingerichtet war, nördlich von dieser Rinne tiefen Luftdruckes. Die meteorologischen Beobachtungen der beiden deutschen Stationen haben im Verein mit den gleichzeitigen der englischen und der schwedischen Expedition viel zur Erforschung der gesamten atmosphärischen Zirkulation der Südhalbkugel beigetragen.

Die Stürme wehen entsprechend der Luftdruckverteilung und der Linksablenkung aller Bewegungen auf der südlichen Hälfte unserer Erde, aus Osten und erreichen vielfach eine so katastrophale Gewalt, daß der Weg nach den Observatorien, die 200—300 m entfernt von dem eingefrorenen Schiff auf dem Eise errichtet waren, eine schwierige Leistung bedeutete. Während einer Schlittenreise tobte der Sturm 5 Tage und 5 Nächte mit solcher Stärke, daß keiner der Reisenden in dieser Zeit das Zelt auch nur auf Augenblicke verlassen konnte. Das Schiff wurde oft von Schneewehen überschüttet und durch deren Last so hinabgedrückt, daß es mit großer Mühe immer wieder ausgegraben werden mußte.

Wenn auch die Eindrücke der Polarwelt im hohen Norden ähnlich sind, so erreichen sie doch nicht jene Gleichmäßigkeit und Stärke wie in der Antarktis, wo sich überall die Empfindung aufdrängt, daß man am Ende der Erde und ihrer Entwicklung angelangt ist.

O. B.

Astronomische Mitteilungen.

Dunkle kosmische Nebelwolken. Bei den im letzten Jahrzehnt ausgeführten Entfernungsbestimmungen der kugelförmigen Sternhaufen und anderer an den Grenzen unseres Fixsternsystems gelegenen Objekte sind Methoden zur Anwendung gelangt, die nur dann einwandfreie Ergebnisse liefern, wenn im galaktischen System keine merkliche Absorption des Lichtes stattfindet. Zwar ist die Anwesenheit von lichtabsorbierenden, nicht leuchtenden Nebelmassen im Gebiete der Milchstraße und ihrer nächsten Umgebung schon seit längerer Zeit bekannt, aber die übrigen Teile des Himmels wurden als absorptionsfrei angesehen. Eine eingehendere Prüfung dieser Frage ist von H. SHAPLEY (Contr. from Mt. Wilson Observatory Nr. 116) angestellt worden, gelegentlich der Untersuchung des kugelförmigen Sternhaufens M 13, mit dem Ergebnis, daß in der Richtung

dieses Haufens jedenfalls keine Absorption von merklichem Betrage vorhanden ist.

Dieser Ansicht, daß der außerhalb des eigentlichen Milchstraßengebietes gelegene Teil unseres Fixsternsystems frei von interstellarer Materie ist, widersprechen zwei in den letzten Jahren veröffentlichte Arbeiten von J. G. HAGEN (A DM of the heavens for obscure cosmic clouds, A. Pt. I, II. Pontif. accad. Roma 1922, 1923) und E. ÖPIK (Stellar Distribution and the law of Chance. Publ. Tartu [Dorpat] Bd. **26**, 2. 1924).

Die erste Arbeit enthält die Ergebnisse einer im letzten Jahrzehnt auf der Vatikansternwarte durchgeführten Durchmusterung des Himmels auf dunkle Nebel. Anlaß zu dieser jetzt ihrer Vollendung entgegengehenden Beobachtungsreihe gab die gelegentlich der Neubeobachtung des DREYERschen Kataloges heller Nebel und der Herstellung der Sternkarten für den Atlas Stellarum Variabilium gemachte Wahrnehmung, daß der ganze Himmel auch außerhalb der Milchstraßengebiete bis zu den Gegenden des Milchstraßenpols mit dunklen Nebelwolken überzogen zu sein schien. In der Römischen Durchmusterung sind nicht nur die Positionen der dunklen Nebel gegeben, sondern auch Angaben über die Dichte der Nebelwolken. Diese letzteren, nach einer Gedächtnisskala ausgeführten Schätzungen, sind besonders wertvoll, da sie auch quantitative Studien erlauben.

Die beobachteten Wolken zeigen die verschiedenen Übergänge von feinen Schleiern zu kompakten dichten Wolken; in der Milchstraße weniger zusammenhängend und dünn, in der Nähe des Nordpols der Milchstraße dagegen dicht und ausgedehnt.

HAGEN faßt in seinem Bericht über die Beobachtungen der dunklen Nebel im Heft 46, Bd. 9 dieser Zeitschrift das Ergebnis dahin zusammen, daß je sternärmer die Gegend ist, um so dichter die Nebel sind. Ferner weist er noch auf die wichtigen kosmogonischen Konsequenzen des Nachweises derartiger dunkler Nebel hin, in ihnen hat man vielleicht die Urform der stellaren Materie zu erblicken, aus der die roten Riesensterne, die Anfangsstadien der Sternentwicklung, hervorgehen.

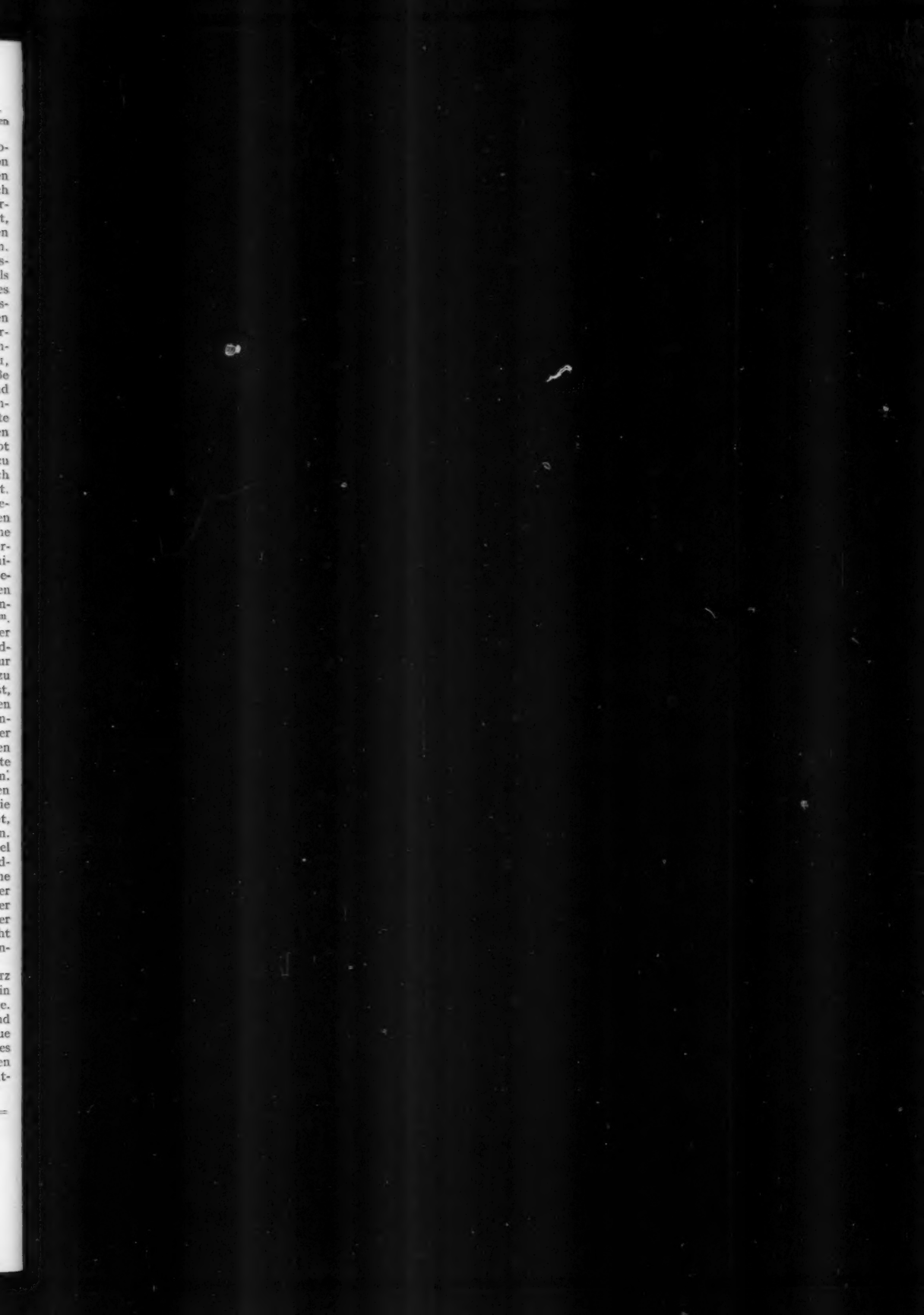
Die zweite Arbeit von E. ÖPIK und M. LUKK enthält die Resultate aus Sternzählungen auf den Pariser Himmelskarten. Aus der Untersuchung der Verteilung von 250 000 Sternen bis zur photographischen Größe 14,5 geht hervor, daß auffallende Unregelmäßigkeiten in der Verteilung vorhanden sind, die nicht mehr dem Zufall zugeschrieben werden können. Zur Erklärung dieser Erscheinung nimmt ÖPIK an, daß dunkle Nebelmassen den ganzen Himmel überziehen und uns den Ausblick an diesen Stellen auf den eine gleichmäßige Sternverteilung aufweisenden Himmelshintergrund verwehren.

Kann man nun auf Grund dieser beiden zu dem gleichen Ergebnis führenden Untersuchungen von HAGEN und ÖPIK die Existenz dunkler Nebelwolken in größerem Umfange auch außerhalb der Milchstraße als gesichert ansehen? Zu dieser Frage nehmen zwei kürzlich erschienene Arbeiten von C. WIRTZ (A.N. Bd. **223**, 123; Bd. **224**, 267; Bd. **225**, 299) und H. SHAPLEY (Harvard College Observatory Circular Nr. 281) Stellung.

WIRTZ untersucht zunächst die Beeinflussung der HAGENschen Schätzungen der Nebeldichte durch das Sternlicht. Der Anteil, den das Licht der Sterne an der allgemeinen Helligkeit des Himmelshintergrundes hat, ist aus den Untersuchungen von J. VAN RHYN (Publ. Groningen **31**, 1921) bekannt. Infolge der Abnahme der Sterndichte mit wachsendem Abstand von der Milchstraße weist die Himmelshelligkeit einen Gang mit der galaktischen Breite auf. Der Vergleich mit der durchschnittlichen Wolkendichte in den verschiedenen Abständen von der Milchstraße zeigt, daß Himmelshelligkeit und Wolkendichte denselben typischen Gang mit der galaktischen Breite besitzen. Hieraus geht hervor, daß ein Einfluß der Himmelshelligkeit auf die geschätzte Wolkendichte jedenfalls vorliegt. Zur genaueren Prüfung des Zusammenhanges zwischen der durch die Sterndichte bedingten Himmelshelligkeit und der Dichte der dunklen Nebel werden direkte Vergleichungen der Stern- und Nebeldichte vorgenommen. Die Sterndichte wird aus den Sternzählungen der Harvard Map für die Sterne bis zur Größe 11, den ÖPIKschen Zählungen für die Sterne bis zur Größe 14,5, den KAPTEYNschen Arealen bis zur Größe 15 und den Franklin-Adam-Karten bis zur Größe 17 entnommen. Die Vergleichung von Stern und Nebeldichte zeigt, daß die statistische Bindung der beiden Größen sehr eng ist. Für die Sterne bis zur Größe 14,5 ergibt sich zum Beispiel als Korrelationskoeffizient 0,64, zu zwei Drittel wird die beobachtete Nebeldichte also durch die Zahl der Sterne bis zur Größe 14,5 bestimmt. WIRTZ zieht hieraus den Schluß, daß die in Rom beobachteten Nebel nicht reell sind und die beobachteten Dichten der Nebel den durch die Anwesenheit der Sterne bedingten Helligkeitseindruck des Himmelshintergrundes im Fernrohr darstellen, die Angaben der römischen Durchmusterung haben danach also eine höhere Bedeutung, als ihnen der Urheber zuschreibt. Sie stellen ein engmaschiges Netz grober schematischer Sterneichungen vor, reichend bis zur visuellen Größe 15^m.

SHAPLEY unterzieht die ÖPIKschen Resultate einer Prüfung mit Hilfe von Sternzählungen auf Harvard-Platten. Diese Aufnahmen zeigen noch Sterne bis zur 17. Größenklasse, während ÖPIKS Zählungen nur bis zu den Sternen der Größe 14,5 gehen. Da zu erwarten ist, daß die durch Anwesenheit der von ÖPIK vermuteten dunklen Nebel verursachte Unregelmäßigkeit der Sternverteilung sich bei den schwächeren Sternen viel stärker ausprägt, als bei den weniger zahlreichen helleren Sternen, gestatten die Harvard-Aufnahmen eine direkte Entscheidung der Frage der Realität der Wolken. Die Zählungen für 28 besonders markante Sternleeren und 7 Häufungsstellen von Sternen ergeben, daß die Unregelmäßigkeit der Sternverteilung verschwindet, wenn die schwachen Sterne allein betrachtet werden. Nur vier der in Dorpat gefundenen dunklen Nebel konnten unter den 28 untersuchten auf den Harvard-Platten durch die Zählungen der schwachen Sterne bestätigt werden, diese gehören aber den bereits früher bekannten Regionen dunkler Nebel im Taurus und der Vulpecula an. Dunkle Nebel können nach dieser Untersuchung auf der Harvard-Sternwarte also nicht zur Erklärung der Ungleichförmigkeit der Sternverteilung herangezogen werden.

Beide Arbeiten von SHAPLEY und von WIRTZ sprechen gegen die Existenz dunkler Nebelmassen in dem von HAGEN und ÖPIK angenommenen Umfange. Welche der einzelnen dunklen Nebel von HAGEN und ÖPIK als reell anzusehen sind, wird erst die genaue Nachprüfung der einzelnen Nebel in der Weise, wie es bei den Stichproben für die markantesten ÖPIKschen Nebel auf der Harvard-Sternwarte geschehen ist, entscheiden.

J. HELLERICH.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.